



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

IT-Forschung 2006

Förderprogramm Informations- und Kommunikationstechnik

BMBF PROGRAMM



Impressum

Herausgeber

Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Öffentlichkeitsarbeit
53170 Bonn

Bestellungen

Schriftlich an den Herausgeber
oder telefonisch unter der
Rufnummer 01805-BMBF02 bzw. 01805-262302
Fax: 01805-BMBF03 bzw. 01805-262303
0,12 Euro/Min.

E-Mail: books@bmbf.bund.de

Internet: <http://www.bmbf.de>

Hinweis:

Im Programm werden für den Begriff
Informations- und Kommunikationstechnik
die Abkürzungen IT und IKT gleichwertig
verwendet.

Gestaltung

Weber Shandwick

Druckerei

Hudak Druck GmbH, München

Stand

März 2002

Bildnachweis

MEV (S. 20)

PhotoDisc (S. 4, 6, 14, 56)

IT-Forschung 2006

Förderprogramm Informations- und Kommunikationstechnik



Inhalt

1. Einleitung	4
2. Ausgangslage in Wirtschaft und Forschung	6
Wirtschaftliche Rahmendaten	6
Positionierung Deutschlands in der Mikroelektronik	7
Positionierung Deutschlands im Bereich Software	9
Arbeitsplatzwirkungen im Bereich Kommunikationstechnik und Mikroelektronik	11
Förderung forschungsintensiver Spin-off-Firmen im Bereich Kommunikationstechnik	12
Förderung kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU)	13
3. Neuausrichtung der Forschungsförderung	14
Neuausrichtung der außeruniversitären Forschung	15
Internationale Zusammenarbeit	17
Erfolgskriterien	19
4. Forschungsbereiche	20
4.1. Nanoelektronik und -systeme	23
4.1.1. Technologien und Geräte für die Elektronikfertigung	25
4.1.2. Neuartige Schaltungen und Bauelemente	26
4.1.3. Chipsysteme und Entwurfsmethodik	29
4.2. Softwaresysteme	31
4.2.1. Software Engineering	32
4.2.2. Höchstleistungsrechnen und Grid Computing	35
4.2.3. Mensch-Technik-Interaktion	37
4.2.4. Intelligente Systeme / Wissensverarbeitung	40
4.2.5. Bioanaloge Informationsverarbeitung	41
4.3. Basistechnologien für die Kommunikationstechnik	44
4.3.1. Photonische Kommunikationsnetze	45
4.3.2. Mobile Breitband-Kommunikationssysteme	46
4.3.3. Innovative Displaytechnik	48
4.3.4. Neue Komponenten und Materialien	49
4.4. Internet-Grundlagen und -Dienste	52
4.4.1. Neue Internettechnologien	53
4.4.2. Wissen im Netz	53
4.4.3. Forschung zu Internet-gestützten Prozessen	54
5. Öffentliche IT-Forschungslandschaft Deutschland	56
Fraunhofer-Gesellschaft	56
Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V.	58
Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.	60
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz	61
Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz e.V.	61
6. Finanzmittel für „IT-Forschung 2006“	62
7. Projektträger des BMBF	63
8. Glossar der verwendeten Begriffe	64

Vorbemerkung

1. Die IT-Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung will motivierten Forscherinnen und Forschern in Universitäten, Instituten und in Unternehmen die Möglichkeiten und die Mittel bieten, ihre Kreativität und ihr Können gemeinsam in den Dienst der Stärkung des Technologiestandortes Deutschland zu stellen, damit aus Spitzenforschung Innovationen zum Nutzen der Menschen und zur Schaffung neuer Arbeitsplätze entwickelt werden. Das vorliegende Papier ist das Angebot an Wissenschaft und Wirtschaft, die Zukunft der Wissensgesellschaft gemeinsam zu gestalten.

2. Bei der inhaltlichen Ausgestaltung des Programms „IT-Forschung 2006“ kam es darauf an, im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik Forschungsthemen und Innovationsfelder zu identifizieren, die Standort- bzw. Wettbewerbsvorteile für Deutschland erwarten lassen, es der Gesellschaft ermöglichen, die Dynamik der Globalisierung und des mit ihr verbundenen Strukturwandels zu gestalten und dem Prinzip der Nachhaltigkeit Rechnung tragen.

Die Informations- und Kommunikationstechnik ist Schlüsseltechnologie zahlreicher anderer vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderter Innovationsfelder. Vor allem Softwaresysteme spielen beispielsweise in den Bereichen Produktionstechnik, Biotechnologie und Gesundheitsforschung eine entscheidende Rolle und werden daher auch in den entsprechenden Programmen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Dies war bei der Ausgestaltung von „IT-Forschung 2006“ zu berücksichtigen.

Das vorliegende Förderprogramm „IT-Forschung 2006“ ist im engen Dialog mit Wissenschaft und Wirtschaft entstanden. Die einzelnen Förderbereiche wurden in zahlreichen Workshops und Fachgesprächen beraten und konkretisiert. Parallel wurden gemeinsam mit international anerkannten Fachleuten aus Wirtschaft und Wissenschaft Ziele und Verfahrensfragen besprochen, die eine Neuausrichtung der Forschungsförderung ermöglichen. Wirtschaftsverbände, Gewerkschaften und Forschungseinrichtungen haben an der Programm-erstellung teilgenommen.

3. „IT-Forschung 2006“ ist ein anpassungsfähiges, ein offenes und lernendes Programm. Die aufgeführten Forschungsbereiche sind weder vollständig noch abgeschlossen. Die Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien ist so dynamisch, dass während der fünfjährigen Laufzeit des Programms Ergänzungen wie Schwerpunktverlagerungen möglich bleiben müssen. Forschungsergebnisse schaffen Voraussetzungen für neue Technologien und Anwendungen, die heute noch nicht absehbar sind. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung beabsichtigt vor diesem Hintergrund, auch während der Laufzeit des Programms den Dialog mit Wirtschaft, Forschungseinrichtungen und Gewerkschaften fortzusetzen, um auf technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Veränderungen abgestimmt zeitnah reagieren zu können.

4. Bei der Umsetzung des Programms wird es – wie bei dessen Erstellung – darauf ankommen, die Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung auf solche Projekte zu konzentrieren, welche die größte volkswirtschaftliche Wirkung erwarten lassen. Bei dieser Bewertung wird sich das Bundesministerium für Bildung und Forschung abermals auf den fachlichen Rat von Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft stützen.



1 | Einleitung

Investitionen in Bildung und Forschung sind Grundlage für Wachstum, Beschäftigung und gesellschaftlichen Fortschritt. Besonders in zentralen Innovationsfeldern des 21. Jahrhunderts, wie der Informations- und Kommunikationstechnik, die hohe Markt- und Beschäftigungspotenziale aufweisen, zunehmend alle gesellschaftlichen Bereiche durchdringen und den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Strukturwandel vorantreiben, ist Forschung Voraussetzung für die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands.

Die Bundesregierung hat mit dem Aktionsprogramm „Innovation und Arbeitsplätze in der Informationsgesellschaft des 21. Jahrhunderts“ den Grundstein für Deutschlands Weg in die Wissensgesellschaft gelegt. Dabei wurde der Informations- und Kommunikationstechnik in Bildung und Forschung Priorität eingeräumt.

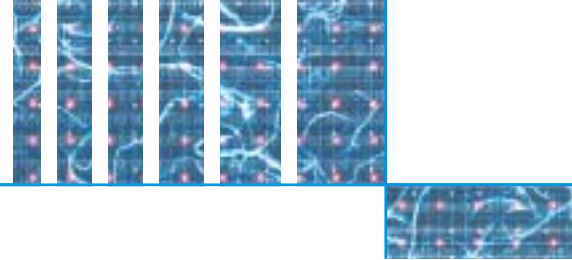
Mit dem Handlungskonzept „Anschluss statt Ausschluss – IT in der Bildung“ hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Jahr 2000 die notwendigen bildungspolitischen Schwerpunkte gesetzt. Mit dem vorliegenden Förderprogramm „IT-Forschung 2006“ stellt das Bundesministerium für Bildung und Forschung die programmatischen Weichen für die Forschungsförderung im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik für den Zeitraum 2002–2006.

Ziele von IT-Forschung 2006 sind:

- Die Qualität von Wissenschaft, Forschung und technologischer Entwicklung zu stärken und die Rolle der deutschen IT-Forschung als internationaler Partner und Wettbewerber auszubauen.
- Grundlagen für den Erhalt und den Ausbau von Arbeitsplätzen zu schaffen.

Dabei kommt es besonders darauf an

- die bedarfsorientierte Grundlagenforschung in Ergänzung zur Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft auszubauen,
- Akteure aus Unternehmen und öffentlichen Forschungseinrichtungen zusammenzuführen, um Ressourcen und Kompetenzen zu bündeln,
- Forschungsergebnisse schnellstmöglich einer wirtschaftlichen Verwertung zuzuführen,
- vorrangig in Zukunftsfelder und Zukunftsmärkte zu investieren und dabei solchen innovativen Forschungsthemen Priorität einzuräumen, die gute Chancen haben, neue hochwertige Arbeitsplätze zu schaffen sowie zu Firmengründungen zu führen,
- ein Innovationsklima zu schaffen, das Forscherinnen und Forscher in Deutschland hält bzw. nach Deutschland zieht.



Die Wirkungen von Forschung im IT-Bereich gehen jedoch weit über die technischen und ökonomischen Aspekte hinaus. Informations- und Kommunikationstechnologien verändern unsere Gesellschaft, die Art und Weise, wie wir leben, wie wir lernen, arbeiten und wie wir unsere Freizeit gestalten. Sie schaffen neue gesellschaftliche Gestaltungsspielräume, können z. B. Motor sein für die Verbesserung der Qualität unseres Bildungs- und Gesundheitssystems, für eine leistungsfähigere Wissenschaft, aber auch für eine effizientere und transparentere öffentliche Verwaltung. Beispiele sind:

- Hochauflösende Bewegtbild-Übertragungen werden schon heute für die Mediziner-Ausbildung, aber auch für die medizinische Praxis entwickelt und erprobt.
- Wissenschaft lebt von Information und Kommunikation. Schneller und gezielter Zugang zu Fachinformationen oder Hochgeschwindigkeitsdatennetzen zum verteilten Rechnen (Grid) und Arbeiten in virtuellen Laboren eröffnen Wissenschaft und Forschung, aber auch der Umsetzung von Forschungsergebnissen neue Perspektiven.
- Das Internet ermöglicht die zeitnahe Bereitstellung öffentlich verfügbarer Information und die Vereinfachung der Kommunikation von Bürgerinnen und Bürgern und Unternehmen z. B. mit der Verwaltung.

Wir wissen wenig über die Informationsgesellschaft des 21. Jahrhunderts, aber feststeht, dass ohne die Entwicklung innovativer neuer Produkte und Dienstleistungen durch qualifizierte Menschen Deutschland nicht nur seine Wettbewerbsfähigkeit, sondern auch seine gesellschaftliche Gestaltungsfähigkeit verliert. Forschung und Bildung sind die Grundvoraussetzung für diese Gestaltungsfähigkeit. Notwendig sind intelligente, bedarfsgerechte Verwertungsstrategien der Forschungsergebnisse. Gleichzeitig stellt sich heute vor allem die Frage der Qualifizierung der Menschen, die in Beruf und Alltag mit den neuen Technologien und ihren Anwendungen umgehen. Dabei geht es um die Qualifizierung von jungen Studentinnen und Studenten sowie von jungen Forscherinnen und Forschern durch die frühzeitige Einbindung in Forschungsprojekte, aber auch um die Vermittlung von Grundkenntnissen über die neuen Technologien und ihre multimedialen Anwendungen in Schule und Weiterbildung, sowie um die durchgehende Modernisierung der dualen Ausbildung.

„IT-Forschung 2006“ und das Handlungskonzept „Anschluss statt Ausschluss – IT in der Bildung“ ergänzen sich daher nicht nur, sie bedingen einander. Besonders deutlich wurde diese starke Wechselwirkung angesichts des seit Mitte der 90er Jahre bestehenden Mangels an IT-Fachkräften.

Der Mangel an IT-Fachkräften und insbesondere an Informatikerinnen und Informatikern mit Hochschulabschluss hatte sich zu einer der wesentlichen Wachstumsbremsen bei der Entwicklung, aber vor allem auch bei der Nutzung von neuen Informations- und Kommunikationstechniken in Deutschland erwiesen. Nur durch gemeinsames Vorgehen von Bundesregierung, Wirtschaft und Gewerkschaften im Bündnis für Arbeit und im Rahmen des „Sofortprogramms zur Deckung des IT-Fachkräftebedarfs in Deutschland“ konnte dies schrittweise überwunden werden.

Fortschritte in der Informations- und Kommunikationstechnik sind ihrerseits wiederum abhängig von wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen sowie gesellschaftlichen Prozessen. Deutlich wird dies z. B. bei der Mobilkommunikation:

- Hochleistungsfähige mobile IT-Systeme verlangen auch leistungsstarke zuverlässige portable Energieversorgung. Solche kompakten, portablen Energiequellen zu entwickeln ist selbst nicht Gegenstand des Programms „IT-Forschung 2006“, obgleich die Mobilkommunikation ganz erheblich von dieser Schlüsseltechnologie abhängen wird.
- Regulierung bzw. Deregulierung bestimmen ganz wesentlich das Marktgeschehen, können Innovationen hemmen, aber auch beschleunigen. So war der Boom der Mobilkommunikation in den 90er Jahren mit der Deregulierung der Telekommunikationsmärkte in Europa aufs Engste verknüpft.

Die digitale Revolution ist bei weitem nicht abgeschlossen. Dies bietet für Deutschland erhebliche Chancen, seine Kompetenzen auszubauen und Märkte zu gewinnen. Innovationen aus den Informations- und Kommunikationstechniken schaffen neue Märkte, stimulieren aber auch die „Old Economy“ nachhaltig.

Im Rahmen der Initiative „eEurope“ hat sich die Europäische Union das Ziel gesetzt, dass Europa die wettbewerbsstärkste und dynamischste Informationswirtschaft der Welt wird und die USA im IT-Bereich überholt. Dazu will dieses Programm einen Beitrag leisten.

2 Ausgangslage in Wirtschaft und Forschung

Wirtschaftliche Rahmendaten

Das Marktvolumen der Informations- und Kommunikationstechnik wuchs weltweit von 1997 bis 2000 um 50 %, von 1.343 Mrd. Euro auf 2.012 Mrd. Euro. Im gleichen Zeitraum stieg das Marktvolumen in Europa von 396 Mrd. Euro auf 576 Mrd. Euro, der prozentuale Weltmarktanteil Europas blieb für diesen Zeitraum gleichbleibend bei 29 %.

Für 2002 kann von einem weiteren Anstieg des Marktvolumens von 6,5–7 % ausgegangen werden. Die Bedeutung und Dynamik der Informations- und Kommunikationswirtschaft in Westeuropa wird deutlich an ihrem stark steigenden Anteil am Bruttoinlandsprodukt (BIP), der von 4,6 % in 1996 auf 6,3 % in 2000 wuchs.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechnik-Branche in Deutschland ist heute bereits vergleichbar mit der Automobilindustrie. Die durchschnittliche Wachstumsrate der letzten Jahre von etwa 10 % übersteigt das gesamtwirtschaftliche Wachstum um ein Vielfaches. Die Unternehmen der Informationstechnik und Telekommunikation konnten im Jahr 2000 noch ein Umsatzwachstum von 11 % erzielen. Der Umsatz der Branche in Deutschland betrug im Jahr 2001 140 Mrd. Euro.

Am Beispiel Automobil wird ersichtlich, dass die Informations- und Kommunikationstechnik entscheidende

Wachstumsimpulse für andere Märkte liefert. Der Markt für Fahrzeugelektronik wird sich von heute 18 Milliarden Euro auf 31 Milliarden Euro in 2005 entwickeln (Booz Allen & Hamilton 2001) – eine erheblich stärkere Zunahme als der Fahrzeugmarkt selbst. Der Anteil der Elektronik an der Wertschöpfung in der Automobilproduktion wird dann mehr als 30 % betragen.

Laut Angaben des Branchenverbandes Bitkom waren in den Bereichen Hardware, Software und IT-Dienstleistungen im Jahr 2000 etwa 820.000 Menschen beschäftigt. Darin nicht enthalten ist die Anzahl der Beschäftigten in der Medienbranche, die in etwa gleicher Größenordnung liegt. Aus der Bitkom-Analyse ergibt sich ein Beschäftigungswachstum in der IT-Branche um 10 % gegenüber 1999. Auch für 2002 wird mit einem weiteren – zwar verlangsamten – Wachstum der Arbeitsplätze in diesem Bereich gerechnet. Motoren des Beschäftigungswachstums in dieser Branche in Deutschland sind insbesondere die Bereiche Software- und IT-Dienstleistungen. In diesen Feldern ist in Deutschland mit ca. 400.000 Beschäftigten in 2001 nahezu jeder zweite Beschäftigte der IKT-Branche tätig. Das sind nahezu doppelt so viele wie noch 1996.

Zum Vergleich: In der deutschen Automobilindustrie waren im Jahr 2000 im Mittel ca. 746.000 Menschen be-

schäftigt; diese erwirtschafteten einen Umsatz von ca. 185 Mrd. Euro. Damit ist die IKT- und die Medienbranche nach Beschäftigten einer der größten Arbeitgeber der deutschen Wirtschaft.

Das hohe Wachstum des IKT-Markts in Deutschland und dessen vergleichsweise gute Position im Hinblick auf die wissenschaftlichen Grundlagen hat in den letzten drei Jahren Deutschland zu einem interessanten Standort für die Produktion und Forschung von IKT werden lassen und dazu beigetragen, dass international führende Unternehmen Standorte in Deutschland ausgewählt haben.

Das spiegelt sich auch in den Patentaktivitäten Deutschlands wider. Bei der Entwicklung der Patentanmeldungen in den neunziger Jahren ist die Mobilkommunikation mit deutlichem Abstand das Feld mit der höchsten Dynamik; gleiches gilt für die Bereiche Internet und Datensicherheit. Deutschland besitzt in allen drei Bereichen eine gute Wettbewerbsposition, muss jedoch mit zunehmender Konkurrenz rechnen. Das Potenzial für eine Spitzenposition in den einzelnen Feldern ist vorhanden und muss genutzt werden.

Trotz des derzeit moderaten Wachstums ist die IKT-Branche weiterhin der dynamischste Wirtschaftszweig in Deutschland. Das technologische und wirtschaftliche Potenzial ist noch lange nicht ausgeschöpft. Deshalb stehen wir erst am Anfang einer Entwicklung, die Evolution und Revolution gleichermaßen vereint.

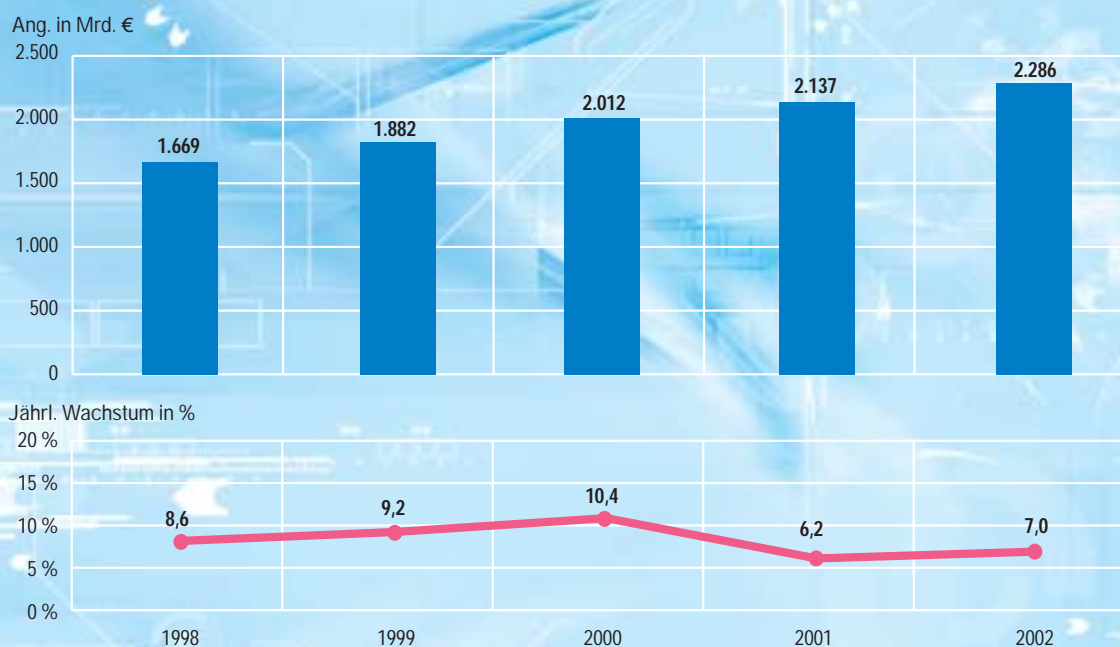
Positionierung Deutschlands in der Mikroelektronik

Im Bereich der Mikroelektronik ist es in jüngster Vergangenheit gelungen durch die europäischen Elektronik-Initiativen wie JESSI und MEDEA Deutschland und Europa auf ausgewählten, insbesondere für das System-Know-how wichtigen Gebieten in eine weltweite Führungsposition zu bringen und dort zu halten. Jedoch wird nur ein vergleichsweise geringer Teil der von der deutschen Industrie benötigten elektronischen Bauelemente und Komponenten im Lande selbst produziert. Ziel für Deutschland muss vor diesem Hintergrund sein, an dem zu erwartenden weiteren weltweiten Wachstum künftig überproportional teilzuhaben.

In Deutschland hat sich im letzten Jahrzehnt die Situation der Elektronik vorteilhaft geändert. Durch gemeinsame Anstrengungen von Industrie, Forschung und öffentlicher Hand ist der Standort zu einem weltweit anerkannten Partner und Treiber der Entwicklung von Halbleiter-Technologien, des Chip- und System-Know-how geworden, was an folgenden Beispielen sichtbar wird:

- Führende Position bei der Entwicklung und dem Einsatz von 300 mm-Wafern (Infineon, Wacker),
- eine Reihe von mittelgroßen Halbleiter-Produzenten, die in spezifischen Märkten sehr aktiv sind (z. B. ELMOS, Xfab, PREMA, Atmel),
- führende Anbieter beim Bau neuer Fabriken und Reinräume (Jenoptik/M+W Zander),

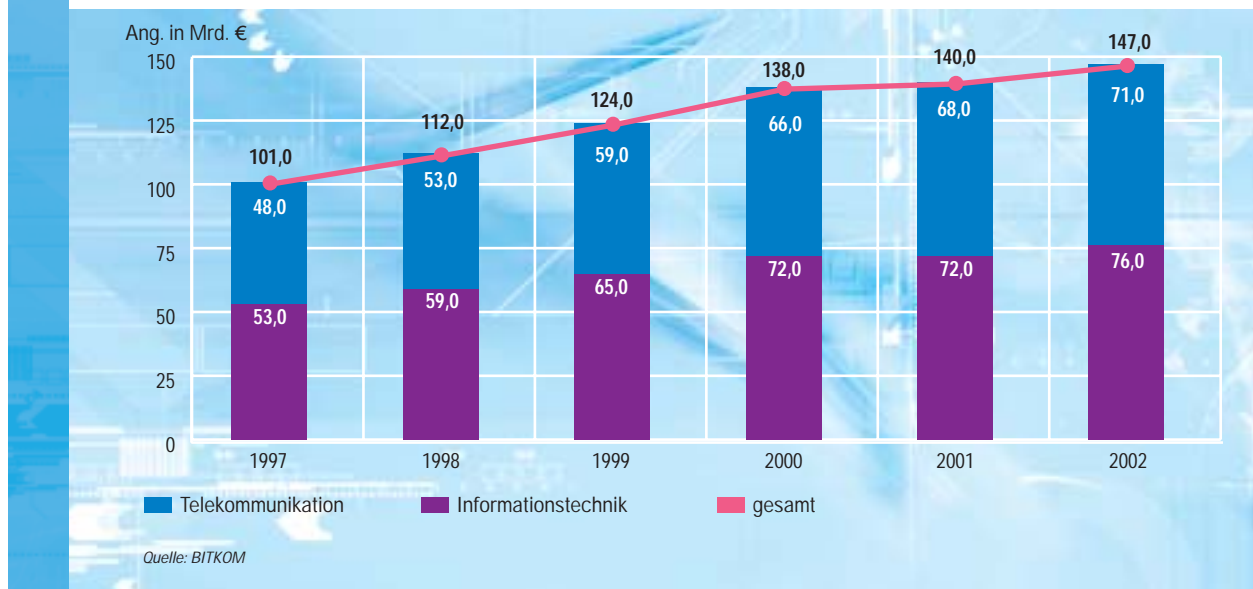
Bild 1. Weltmarkt für Informationstechnik und Telekommunikation 1998–2002



Quelle: BITKOM, Basis EITO

2. Ausgangslage in Wirtschaft und Forschung

Bild 2. IKT-Markt in Deutschland 1997–2002



- relativ starke mittelständische Geräteindustrie (z. B. Süss, Wolters, SZ Testsysteme),
- einer der größten Mikroelektronikstandorte Europas in Dresden,
- wichtiger Standort für ausländische Investoren (z. B. FCM in Freiberg, AMD in Dresden, Melexis in Erfurt, Atmel in Heilbronn, Vishay in Itzehoe, Motorola in München, Philips in Böblingen und Hamburg),
- führend auf dem Gebiet System-on-chip für spezielle Bereiche (Automotive, Kommunikation, Chipcard),
- Spitzenposition bei der Einführung neuer Lithographie-Verfahren (strategische Allianz mit ASML in den Niederlanden),
- mitführend auf dem Gebiet der Leistungselektronik,
- führende Halbleitermaterialhersteller sowohl im Si- als auch im GaAs-Bereich. Gutes Potenzial in der Materialforschung für die Halbleitertechnik,
- engagierte Halbleiter- und Equipment-Hersteller, die in MEDEA+ und PIDEA, aber auch international in SEMATECH eingebunden sind,
- insgesamt eine hervorragende Forschungslandschaft,
- international beachtete Leistungen auf dem Gebiet des Wafer-Reclaim,
- international wettbewerbsfähige Forschung im Bereich der Magnetoelektronik.

Allerdings sind auch einige Schwächen sichtbar:

- weniger als 50 % Eigenversorgung mit Chips in Europa,
- Rückstand in der Entwurfsmethodik komplexer anwendungsspezifischer Chipsysteme,
- kaum eigene CAD-Industrie,
- zu wenig Schlüsselpatente in Deutschland,

- Defizite in der digitalen Schaltungstechnik im Gigabit-Bereich,
- Rückstand in der Prozessortechnik,
- der Unterschied zwischen dem größten und dem nächsten deutschen Halbleiter-Hersteller ist sehr groß,
- der Großteil der Halbleiterhersteller sind Töchter außer-europäischer Unternehmen,
- der Anteil der meisten deutschen Gerätehersteller am Weltumsatz ist unterkritisch.

Nach dem fast schon verlorenen Anschluss an die Entwicklung in den 70er und 80er Jahren in Deutschland wurde durch das MEGA-Projekt und die Teilnahme an den national geförderten Eureka-Projekten JESSI und MEDEA in den 90er Jahren ein wesentlicher Fortschritt erreicht und der deutschen Halbleiterindustrie die Möglichkeit, heute in der chancenreichen Spitzengruppe bei der Bewältigung der FuE-Herausforderungen der Nanoelektronik zu sein.

Waren die 80er Jahre durch DRAM-Speicher als Technologietreiber geprägt, so zählte in den 90er Jahren die Verbindung von Anwenderidee und Frontend-Technologie als Schlüssel zum Erfolg, es vollzog sich die Entwicklung vom Chip zum System. In diesem Wechselspiel System – Technologie, das insbesondere auch mittleren Unternehmen der Halbleiterindustrie eine Chance bietet, konnte Europa in den letzten Jahren insbesondere gegenüber Japan erheblich an Boden gewinnen. Im nächsten Jahrzehnt wird die Automatisierung des systemorientierten Entwurfs als eine weitere Facette der Nanoelektronik neben Beherrschung der Technologie und Systemwissen in den Vordergrund treten. Die Fähigkeit, neue Chipsys-

teme mit Milliarden von Transistoren schnell, effektiv und fehlerfrei entwerfen zu können, wird ein kaum zu überschätzender Faktor für wirtschaftlichen Erfolg sein.

Die Elektronik zeigt eine in der Industriegeschichte nicht gekannte Dynamik der Entwicklung, die sich in zweistelligen Steigerungsraten des Umsatzes bei

- drastischer Reduzierung der Stückpreise,
- extremer Steigerung der Komplexität und Leistungsfähigkeit,
- Senkung des Energieverbrauches,
- erheblicher Erhöhung des Aufwandes für FuE und Produktion und
- Verkürzung der Lebenszyklen

äußert, ungeachtet des für die Branche typischen zyklischen Auf und Ab.

Die Elektronik läuft auf einen Wendepunkt ihrer Entwicklung zu: Mit ihrer weitgehend evolutionären Entwicklung wird sie in heute schon absehbarer Zeit Grenzen in der weiteren Strukturverkleinerung erreichen. Einen Ausweg können einerseits neue innovative Ideen aus der Grundlagenforschung, aber auch ein ganzheitliches Herangehen in Bezug auf Beherrschung der Technologie, Systemwissen und Entwurfsmöglichkeit weisen.

Durch das gleichzeitige Wirken von Faktoren wie Verkürzung der Zykluszeiten und steigende FuE-Kosten bis hin zum Drängen weiterer Länder auf den Halbleitermarkt erhöht sich das Risiko für alle im Wettbewerb stehenden Unternehmen. Die Anwender verlangen ein preisgünstiges, flexibles und umfassendes Produktsortiment, das sich ständig erneuern und dem Bedarf anpassen muss. Deshalb werden verstärkt internationale Allianzen geschlossen. In Europa ist das gegenwärtig MEDEA+ mit signifikanter deutscher Beteiligung, aber auch PIDEA zur Aufbau- und Verbindungstechnik, in den USA ist die ebenfalls industriegetragene Organisation SEMATECH zur Zeit das wichtigste Gremium für das Setzen von Standards. Die Zusammenarbeit mit europäischen und vor allem auch deutschen Partnern wird zunehmend enger, wie auch das Bestreben von SEMATECH nach einer europäischen Niederlassung (evtl. in Deutschland) deutlich macht. Das ist ein Beleg dafür, dass sich international die führende Rolle in der Mikroelektronik von Japan in die USA und zum Teil nach Europa verschoben hat.

Neben der Beteiligung an europäischen Projekten in MEDEA+ und PIDEA wird für Halbleiter- und Equipment-Hersteller die globale Zusammenarbeit, z. B. in Gremien oder in Forschungsprojekten von zunehmender Bedeutung sein. Die deutschen Unternehmen und Forschungseinrichtungen sind auf diesem Parkett gefragte Ansprechpartner.

Positionierung Deutschlands im Bereich Software

Die Informationsgesellschaft mit ihrem wachsenden Bedarf an effizienter Identifikation, Verarbeitung und Speicherung von Informationen bewirkt eine rapide Zunahme der Zahl der Unternehmen, die Software- und Multimedia-produkte erstellen und anbieten. Neben dieser schnell wachsenden Software-Primärbranche tritt die Bedeutung der Softwareentwicklung aber auch in allen Software-Sekundärbranchen immer deutlicher in den Vordergrund, wo eine wachsende Durchdringung aller Prozesse (z. B. Beschaffung), Produkte (z. B. Kraftfahrzeuge) und Dienstleistungen (z. B. Telekommunikation, Finanzdienstleistungen) mit Software verzeichnet werden kann. In nahezu allen Branchen ist die Kompetenz zur Erstellung von Software zur entscheidenden Kernkompetenz für die Wettbewerbsfähigkeit geworden.

In der Forschung spielt Deutschland in einzelnen Bereichen eine durchaus führende Rolle und dies gilt auch für die praktische Umsetzung. Beispiele für nachhaltige Erfolge der bisherigen Forschungsförderung von Softwaresystemen durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung sind:

- Im Förderbereich des „Software Engineering“ wurden in den 90er Jahren Vorlaufarbeiten für Case-Systeme gefördert, die in einem Fall mittlerweile bis zu 24.000 mal im Markt verkauft wurden. Im Oktober 2001 wurde unter der Federführung des Fraunhofer-Instituts für Software Engineering in Kaiserslautern ein Softwarekompetenznetzwerk mit 7 Partnern eröffnet, mit Hilfe dessen das breite Feld der KMU in diesem Bereich unterstützt werden soll.
- In der Anwendung des „Höchstleistungsrechnens“ in der Wirtschaft, speziell im Bereich der technischen Simulation und Prozesssimulation, stehen wir in Deutschland trotz fehlender eigener Rechnerentwicklung nach den USA weltweit mit an vorderster Stelle.
- Im Bereich „Intelligente Systeme“ wurden mit Hilfe der Förderung in den letzten Jahren innovative Arbeitsplätze durch neu entwickelte Systeme der Handschrifterkennung/Dokumentverarbeitung und autonomer Roboter in erheblichem Umfang erhalten und neu geschaffen.
- Weltweit beachtete Erfolge wurden im Bereich der „Sprachverarbeitung“ mit dem inzwischen abgeschlossenen Leitprojekt Verbomobil erzielt. Allein aus diesem Projekt wurden 20 Spin-off-Produkte abgeleitet, es gab 7 Firmenausgründungen, 245 neue Hightech-Arbeitsplätze wurden geschaffen und insgesamt 900 hochqualifizierte Fachkräfte wurden für die Wirtschaft und die Forschung ausgebildet. An wissenschaftlichen Ergeb-

2. Ausgangslage in Wirtschaft und Forschung

nissen entstanden in Verbomobil 800 wissenschaftliche Publikationen, 238 Diplomarbeiten, 164 Doktorarbeiten und 16 Habilitationen. Verbomobil hat im Jahr 2001 den Zukunftspreis des Bundespräsidenten erhalten.

- Mit den im Jahr 1999 gestarteten 6 Leitprojekten zum Themenfeld „Mensch-Technik-Interaktion“ (davon wird das Leitprojekt „Multimedia – Arbeitsplatz der Zukunft“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert) soll die Interaktion des Menschen mit dem Computer und mit anderen IT-Systemen von der Maus und der Menütechnik zur direkten multimodalen Interaktion mittels natürlich gesprochener Sprache, Mimik, Gestik, Haptik und Visualisierung erreicht werden. Damit wird sowohl wissenschaftliches Neuland betreten als auch ein großes – ggf. marktentscheidendes – Potenzial für Produkte der IT-Industrie und weiterer Industriezweige erschlossen. Die bisherigen Resultate: 36 Patentanmeldungen, 3 Start-up-Ausgründungen, die Entwicklung von 3 Spin-off-Produkten und 250 wissenschaftliche Veröffentlichungen.
- Das „Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)“, mit Standorten in Saarbrücken und Kaiserslautern, welches mit einer Projekt-Anschub-Finanzierung des Bundes aufgebaut wurde und seitdem mit Projektmitteln unterstützt wird, hatte bisher 16 Firmenausgründungen auf dem hoch innovativen Gebiet der Wissensverarbeitung vorzuweisen und über 590 zusätzliche Hightech-Arbeitsplätze sind aus dem DFKI heraus in Unternehmen, die mit dem DFKI zusammenarbeiten, geschaffen worden. Daneben wurden bisher 33 Professuren in Europa mit ehemaligen Mitarbeitern und Doktoranden des DFKI besetzt.

Es gibt zahlreiche Forschungsinstitutionen von internationalem Niveau sowohl im öffentlichen Bereich (z. B. einschlägige Informatikfachbereiche an Universitäten und außeruniversitäre Institute von FhG und MPG) als auch im privatrechtlichen Bereich. Ebenso gibt es eine weltweit führende Umsetzungskompetenz in Form von Firmen der Primärbranche (z. B. Softwarehäuser) und Sekundärbranchen (z. B. Maschinenbauindustrie, Kraftfahrzeugindustrie, Telekommunikationsindustrie, Banken und Versicherungen). Auf dieser Basis kann eine umfassende Kompetenz in Deutschland auf- und ausgebaut werden.

In vielen Industriezweigen ist Software Engineering aufgrund der Gewichtsverschiebung von der Hardware hin zur Software auf dem besten Wege zur „Produktionstechnik des 21. Jahrhunderts“ zu werden, bzw. die traditionelle Produktionstechnik zu ergänzen.

Die breit verankerte Fähigkeit, Software-Produkte sowie software-intensive Prozesse, Produkte und Dienst-

leistungen in den Sekundärbranchen effizient bereitzustellen bzw. produzieren zu können, garantiert Erhaltung und Schaffung einer Vielzahl von Arbeitsplätzen. Zu dieser Fähigkeit gehört sowohl die technologische Kompetenz (= Software Engineering) als auch die personelle Kompetenz (= genügend hoch qualifizierte Software-Ingenieure). Aus der Vergangenheit gibt es positive Beispiele für diese engen Bezüge zwischen Technikkompetenz, Wettbewerbsfähigkeit und Arbeitsplätzen, wie die Kraftfahrzeugindustrie und den Maschinenbau. Defizite im Bereich von Software Engineering würden im Informationszeitalter nicht nur Arbeitsplätze in den primären, sondern insbesondere auch in den vielen Software-Sekundärbranchen gefährden.

Die Kernaufgaben liegen in Deutschland im Bereich der Embedded Systems. Hier wird es insbesondere im Kraftfahrzeugbereich darauf ankommen, von Einzelsystemen zu vernetzten Systemen zu kommen und schon in naher Zukunft zu einem komplexen Netzwerk aller IT-Module und Softwaremodule im Fahrzeug. In der Kraftfahrzeugbranche sind heute innovative Funktionen wie Sicherheitsbremssysteme, energiesparende Motoreinspritzungen, umweltfreundliche Verbrennungen und Sicherheitssysteme wie Airbags oder Online-Diagnosesysteme ohne komplexe Software undenkbar. Sie erfordern eine hohe Softwarekompetenz. Softwarekompetenz wird einer der ausschlaggebenden Faktoren sein, ob in 5 bis 10 Jahren z. B. die Zulieferindustrie in Europa noch wettbewerbsfähig sein kann. Der gegenwärtige Trend zu vernetzten Automobilfunktionen (dass das Stabilitätssystem nicht nur auf die Bremssysteme wirkt, sondern aktiv ins Motormanagement eingreift) führt zu einer beträchtlich weiteren Erhöhung der Komplexität. Ähnliche Situationen ergeben sich bei anderen verkehrstechnischen Anwendungen wie dem Flugzeug oder der Bahn. Bei diesen sogenannten „großen“ Systemen ist die Variantenvielfalt derart umfangreich, dass sie die gesamte Entwicklung prägt.

Embedded Software spielt in Produkten, die in Deutschland hergestellt werden eine zunehmend wichtigere Rolle. Zum Beispiel enthalten fast alle technischen Produkte signifikante Software-Anteile. Dies gilt insbesondere für die Medizin-, Anlagen- und Automatisierungstechnik, Telekommunikationsanlagen und für die Automobilelektronik.

Telekommunikationssysteme gehören zu den komplexesten menscherstellten Produkten. Diese Komplexität, aber auch die Vielzahl von Varianten und deren lange Lebensdauer stellen höchste Anforderungen an das Software Engineering.

Für viele weitere Branchen (z. B. Maschinenbau, Produktionstechnik, Medizintechnik), aber auch für viele Dienstleistungsbereiche, insbesondere Finanzdienstleis-



ter, aber auch dem Handel sind IT-Systeme und damit Software die operative Geschäftsbasis. Ohne Informationstechnik ist ein Geschäftsbetrieb dieser Unternehmen nicht mehr möglich. Durch neue Technologien (Internet, Web) und geänderte Firmenstrategien (Globalisierung, Akquisitionen, Firmenzusammenschlüsse) entsteht ständig der Bedarf nach neuen Anwendungssystemen. Diese müssen flexibel anpassbar und erweiterbar sein. Sie müssen so geplant werden, dass existierende Standards und Produkte/Komponenten vom Markt genutzt werden können. Um dies zu erreichen, ist es notwendig, branchen- oder auch unternehmensspezifische Frameworks zu definieren. Durch sie kann die Fertigungstiefe und -breite bei Anwendungssystemen reduziert werden, ohne die notwendige Flexibilität bei diesen Systemen zu verlieren. Darauf begründen sich die berechtigten Zukunftsprognosen für den Wachstumsmarkt Software.

Die Chancen Deutschlands als führender Produktionsstandort für Software in den Primär- und Sekundärbranchen sind gut. Während bei Systemsoftwareprodukten (z. B. Betriebssystemen) die Marktführerschaft inzwischen überwiegend im außereuropäischen Ausland (vor allem USA) liegt, hat Deutschland im Bereich der Anwendungssoftware eine sehr günstige Ausgangsposition. Hier kann eine traditionell hohe Anwendungs-kompetenz und Ingenieurtradition in den Sekundärbranchen wie Maschinenbau oder Elektrotechnik und eine führende Produktionskompetenz zur Erstellung qualitativ hochwertiger, kundenangepasster Softwarespeziallösungen mit klassischem Systemdenken kombiniert werden. Wenn dies gelingt und insbesondere die Fähigkeit zur qualitätssichernden Produktion von Varianten auch auf die in ihrer Bedeutung immer größer werdenden Softwarekomponenten übertragen wird, dann ist nicht nur die Voraussetzung für eine aufstrebende deutsche Software-industrie geschaffen, sondern auch die betroffenen Sekundärbranchen können sich dem zukünftigen Wettbewerb gut positioniert stellen.

Neue Chancen für Deutschland ergeben sich auch aus der Computerforschung: Die Leistung eines Supercomputers, der heute z. B. die Arbeiten großer Forschungsgruppen unterstützt, steht in 6 – 10 Jahren einem normalen Nutzer mit seinem PC auf dem Schreibtisch zur Verfügung. Wenn man die beginnende Mehrprozessor-entwicklung von PCs (SMP-Knoten) noch berücksichtigt, ist absehbar, dass PCs und Workstations in den unteren Bereich des Hochleistungsrechnens eindringen.

Beim „Supercomputer auf dem Schreibtisch“ wird es insbesondere darum gehen, über das sog. Personalized Interface ein leistungsfähiges, nutzerbezogenes System verfügbar zu machen, das u. a. Sprachverarbeitungsan-

wendungen und Sprachübersetzungsanwendungen in Echtzeit ausführen, frühe Designstudien und ganze Entwurfsarbeiten auf der Workstation durchführen und Simulationen bis zu einem gewissen Komplexitätsgrad auf dem PC ablaufen lassen kann. Wegen des sich abzeichnenden Trends, gleiche Prozesstypen bei PC und Supercomputern einzusetzen, ist absehbar, dass Anwendungssoftware für ein breites Spektrum verfügbarer Rechner skalierbar entwickelt wird.

Mit den guten Voraussetzungen in Deutschland auf dem Gebiet der Sprachtechnologie, der Mensch-Technik-Interaktion und der Supercomputer-Anwendungen besteht hier ein neues Feld für die deutsche Wirtschaft.

Arbeitsplatzwirkungen im Bereich Kommunikationstechnik und Mikroelektronik

Mikroelektronik und Kommunikationstechnik sind gute Beispiele dafür, dass Forschungsförderung die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Deutschland nachhaltig stärkt und damit auch einen Beitrag zur Sicherung und Schaffung von Arbeitsplätzen leistet. Forschungsförderung ist die Basis für darauf aufbauende innovative Produktentwicklungen und deren Umsetzung im Markt. Schon bei der Projektauswahl stellt sich die Frage nach der möglichen Umsetzung der Forschungsergebnisse in Produkte und Systeme und wird damit zu einem wichtigen Entscheidungskriterium für die Förderung.

Die Beziehung zwischen FuE-Förderung und Entstehung einer Hightech-Region und der damit verbundenen Schaffung von Arbeitsplätzen wird besonders am Mikroelektronikstandort Dresden deutlich. Die von Infineon, Motorola und Wacker zusammen entwickelte 300 mm-Wafertechnologie erlaubt eine drastisch Steigerung der Produktivität in der Halbleiterfertigung. Diese Technologie wurde in Deutschland mit Unterstützung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung mit einer Vielzahl von internationalen Forschungspartnern entwickelt. Die 300 mm-Technologie hat inzwischen weitere FuE-Aktivitäten nach Sachsen gelockt. So konnten schon vorhandene günstige Standortfaktoren – traditionell starke technische Hochschulen und gut ausgebildete Fachkräfte – verstärkt werden, was die Ansiedlung bedeutender Produktionsstätten der Halbleiterindustrie nach sich gezogen hat. Neben der DRAM- und ASIC-Fertigung bei Infineon hat sich vor allem der Prozessorhersteller AMD in Dresden angesiedelt, welcher erstmals weltweit dort Chips mit Kupfermetallisierung fertigt. Durch diese Aktivitäten sind über 4000 direkte Arbeitsplätze und mindestens weitere 4000 indirekte Arbeitsplätze bis heute in

2. Ausgangslage in Wirtschaft und Forschung

Sachsen entstanden. Dresden hat sich damit zum führenden Mikroelektronikstandort in Europa entwickelt.

■ **Lucent Technologies, Nürnberg**

Ausbau des Standortes in Nürnberg in den letzten drei Jahren von ca. 1.000 auf annähernd 2.000 Arbeitsplätze. Vorlaufende Förderung im Bereich optische Technologien und Netze seit 1995 in den Förderschwerpunkten Photonik und KOMNET.

■ **Osram Opto Semiconductors, Regensburg**

Bau eines neuen Optohalbleiter-Werkes in Regensburg mit 500 Arbeitsplätzen für die Fertigung von Leuchtdioden, Laserdioden und Sensoren auf der Basis von III-V-Materialien wie Gallium-Nitrid und Silizium-Carbid. Langfristige Förderung der FuE auf dem Gebiet dieser neuartigen Halbleitermaterialien hat die Voraussetzung für diesen erfolgreichen Geschäftsbereich der Fa. Osram geschaffen.

■ **FCM GmbH, Freiberg/Sachsen**

FCM Freiberg ist derzeit unter den Weltmarktführern bei Gallium-Arsenid-Materialien, die für die Herstellung von Hochfrequenz-Schaltungen für die Mobilkommunikation benötigt werden. Die BMBF-Förderung der FuE-Anstrengungen dieser Firma aus den neuen Bundesländern hat erheblich mit dazu beigetragen, dass insgesamt ca. 200 hochqualifizierte Arbeitsplätze gesichert werden konnten.

■ **Aixtron AG, Aachen**

Aixtron ist derzeit Weltmarktführer bei Fertigungsanlagen (MOCVD-Anlagen) für hochkomplexe Halbleiterstrukturen. Viele der neuen innovativen Ansätze der Fa. Aixtron basieren auf vorlaufender Mitwirkung in BMBF-Förderschwerpunkten in Zusammenarbeit mit Hochschulen und Industrie. Vor wenigen Jahren hat Aixtron eine komplett neue Fabrik in Herzogenrath bei Aachen mit ca. 300 Beschäftigten gebaut.

■ **Carl Zeiss, Oberkochen**

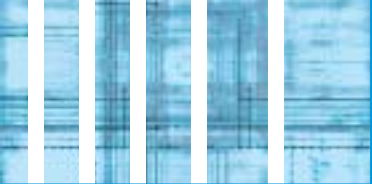
Zeiss hat sich nicht zuletzt durch die europäischen Kooperationen im Rahmen von JESSI und MEDEA zu einem weltweit führenden Unternehmen bei der Herstellung von Präzisionsoptiken für die Halbleiterlithographie entwickelt. Carl Zeiss beschäftigt heute etwa 1100 Mitarbeiter in der Entwicklung und Produktion von Lithographieoptiken und rechnet weiterhin mit einem erheblichen Beschäftigungszuwachs.

Förderung forschungsintensiver Spin-off-Firmen im Bereich Kommunikationstechnik

In den letzten Jahren hat die Anzahl der Firmenneugründungen im Bereich der Kommunikationstechnik stark zugenommen. Neugründungen erfolgten sowohl im Um-

Bild 3. Ausgründungen

Firma	Ausgründung / Jahr	Produkte
VPI Systems GmbH Berlin / Holmdale USA u ² t GmbH Berlin	HHI Berlin, 1998 HHI Berlin, 1998	Software für die Planung optischer Netze Optische Bauelemente (High Speed Empfänger u. Sender)
Epi Nova GmbH, Freiburg	FhG IAF Freiburg, 1999	III/V-Halbleiterschichten für elektronische Bauelemente
TES AG Berlin	FBH Berlin, 1999	III/V-Halbleiterschichten für elektronische und opto- elektronische Bauelemente
Lumics GmbH Berlin	Max-Planck-Institut Stuttgart, 2000	Optische Bauelemente (Dioden-Pumplaser)
IPAG AG Duisburg	Universität Duisburg, 2001	Elektronische Bauelemente (InP-Elektronik)
m ² kLaser GmbH	FhG IAF Freiburg, 2001	Hochleistungs-Diodenlaser / -Laserbarren Freiburg



kreis bestehender Industriefirmen als auch aus Forschungseinrichtungen. Anders als in den Bereichen Informatik und Internet, wo die Softwareentwicklung oder Dienstleistungen im Vordergrund stehen, arbeiten die Neugründungen im Bereich Kommunikationstechnik vielfach an der Produktion von Komponenten. Der Neugründungsprozess ist daher schwieriger, da neben der Einwerbung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in der Regel auch der Aufbau einer Produktionsstätte notwendig ist. Die Anfangsinvestitionen sind hier besonders hoch, da die Produktion oft unter Reinraumbedingungen betrieben werden muss.

Unter den erfolgreichen Firmenneugründungen aus Forschungsinstituten in den letzten drei Jahren ist sowohl der Bereich der Grundlagenforschung (Max-Planck-Gesellschaft) vertreten, als auch der Institute der angewandten Forschung (FhG und WGL). Die Arbeitsplätze, die im Rahmen dieser Neugründungen geschaffen wurden, sind in der Regel qualitativ hochwertig und hinsichtlich ihrer technologischen Ausrichtung zukunftsicher angelegt.

Förderung kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU)

Ein Schwerpunkt der Forschungsförderung der Bundesregierung in der Wirtschaft liegt auf der Förderung kleiner und mittlerer Unternehmen. Das Volumen der KMU-Förderung erreichte im Jahr 2000 569 Mio. Euro (1998: 554 Mio. Euro). Damit gehen ca. 55 % der Mittel, die das Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gemeinsam zur Förderung von Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft aufwenden, an kleine und mittlere Unternehmen. Im Gegensatz dazu entfallen nur ca. 15 % der eigenen FuE-Aufwen-

dungen des Wirtschaftssektors auf Unternehmen mit unter 500 Beschäftigten sowie auf Institutionen der Gemeinschaftsforschung. Im Verhältnis zu den eigenen Anstrengungen der Wirtschaft fördert die Bundesregierung kleine und mittlere Unternehmen damit weit überproportional.

Ein IT-Bereich, der besonders von KMU geprägt ist, ist die Mikrosystemtechnik (MST). Die Anzahl industrieller MST-Anwendungen und MST-Produkte nimmt weltweit überproportional zu. Die international wettbewerbsfähige Infrastruktur Deutschlands in den Bereichen Automobil, Elektrotechnik, Maschinenbau und Chemie bietet ein günstiges Umfeld für den Einsatz von Mikrosystemen. Deutschland kann hier seine aktuelle ausgezeichnete Position sichern und ausbauen, indem es sich weiterhin auf diese traditionell starken Branchen konzentriert und gleichzeitig herausragende Forschungsergebnisse nutzt, um neue Märkte zu erschließen. Die Förderung von „Mikrosystemtechnik 2000+“ durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung erfolgt parallel – aber in enger Abstimmung – zu den Programmbereichen von „IT-Forschung 2006“. Sie ist darauf ausgerichtet, neue Anwendungsgebiete für Mikrosysteme zu erschließen, Kooperationsnetzwerke auszubauen und Innovationsbarrieren zu überwinden (weitere Infos unter: www.bmbf.de).

Ergänzend zu den Programmen „IT-Forschung 2006“ und „Mikrosystemtechnik 2000+“ fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie insbesondere die Entwicklung und Erprobung von Multimedia-Technologien in KMU (weitere Infos: www.bmwi.de). Auch in den technologieoffenen Programmen des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie stellt die IKT eines der wichtigsten Technologiefelder dar. Die Anwendung der modernen IKT durchdringt dabei fast alle Projekte (weitere Infos unter: www.bmwi.de).



3 | Neuausrichtung der Forschungsförderung

Die hohe Dynamik der Informations- und Kommunikationstechnik bewirkt schnelle Innovationszyklen und bedingte Berechenbarkeit sowohl der technischen als auch der wirtschaftlichen Entwicklung. Auch die gesellschaftlichen Auswirkungen sind nur schwer vorherzusehen. Die Zeitskalen, auf denen sich technische Entwicklungen aber auch wirtschaftliche und gesellschaftliche Veränderungen vollziehen, sind deutlich kürzer als politische Reaktionszeiten. An erster Stelle gefordert ist daher eine Politik, die Anpassungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit fördert. Das hat insbesondere Konsequenzen für eine moderne Forschungsförderung.

Die klassischen Förderprogramme und -verfahren sind für das Internetzeitalter nur noch bedingt tauglich. Die Innovationsprozesse und das Marktgeschehen sind oft schneller als die Reaktionszeiten der bisherigen Programmplanungen. Die Forschungsförderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im IT-Bereich soll daher grundlegend reformiert und diesen Gegebenheiten angepasst werden.

In kaum einem anderen Bereich ist die Internationalisierung der Forschung so weit fortgeschritten wie auf dem Gebiet der Informationstechnik, eine vergleichbare internationale Vernetzung findet man nur noch bei den Naturwissenschaften. Die Forschungsthemen der Zu-

kunft werden auf diesem Gebiet nicht allein in nationalen Gremien, sondern auf internationalen Kongressen, Workshops und in zahlreichen bi- und multilateralen Fachgesprächen innerhalb der „Community“, aber auch weltweit öffentlich diskutiert.

Die Schwerpunktthemen der verschiedenen nationalen und internationalen Forschungsprogramme unterscheiden sich folgerichtig nur wenig voneinander. Thematisch gleich ausgerichtete Programme sind aber bekanntermaßen nicht gleich erfolgreich. Neben dem „Was“ entscheidet das „Wie“ wesentlich über den Erfolg eines Programms.

Attraktive Forschung braucht zuallererst wissenschaftliche Freiräume und flexible Infrastrukturen. Statt enger methodischer und thematischer Fokussierung muss bei der IT-Forschung der Wettbewerb der Ideen und der Forschungsteams im Vordergrund stehen. Unabdingbare Kriterien für die Projektauswahl sind die Qualität des Projektes und die Kompetenz des Teams. Dabei gilt allgemein der Grundsatz: Köpfe statt Institutionen fördern. Dazu gehören aber auch die Bereitschaft, Cluster und Netzwerke, die sich bilden, zu unterstützen und der Mut, daraus resultierende regionale Schwerpunktbildung zuzulassen.

Eine moderne, an die dynamische Entwicklung im IT-Bereich angepasste Projektförderung muss sich vor diesem Hintergrund an folgenden Leitlinien orientieren:

- Es bedarf maßgeschneiderter Förderinstrumente für die einzelnen Förderschwerpunkte. Die Projektauswahl und -begleitung gehört bei strategisch angelegten Verbundprojekten grundsätzlich in die Hände anerkannter Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft. Sie sind nicht allein Gutachter, sondern auch Mentoren der Projekte und achten auf die Einhaltung von Zielvereinbarungen, aber auch die Anpassungsfähigkeit von Projekten an geänderte Randbedingungen.
- Die Projektlaufzeiten müssen an die verkürzten Innovationszyklen angepasst werden, d. h. kurze Förderdauer ist vor allem dort gefordert, wo es keine allgemein anerkannten Roadmaps gibt. Über Förderanträge, vor allem in den besonders dynamischen Feldern wie Internet und Softwaretechnik, muss zügig – möglichst innerhalb eines Monats (mittelfristiges Ziel) – entschieden werden.
- Effektive Projektförderung insbesondere mittels strategisch angelegter Projekte mit besonderer Ausstrahlung, sog. „Leuchtturmprojekte“.
- Ausbau einer leistungsfähigen Forschungsinfrastruktur.
- Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, um Forschungsergebnisse rasch in marktfähige Produkte umzusetzen.
- Frühzeitige Beteiligung kleiner und mittlerer Unternehmen an den Forschungsprogrammen. Für forschungsintensive, technologieorientierte junge Firmen ist es lebensnotwendig, frühzeitig in das Wissensnetzwerk bestehender Forschungseinrichtungen und Förderprojekte eingebunden zu sein.
- Flexibilisierung des deutschen Wissenschafts- und Forschungssystems durch Weiterentwicklung seiner Strukturen, um die Wirkung der eingesetzten Forschungsmittel zu maximieren. Ein Beispiel dafür sind Kompetenznetzwerke in der Softwaretechnik.

Darüber hinaus werden für das neue IT-Programm folgende Punkte als prioritär eingestuft:

- Trendanalysen werden verstärkt genutzt. Dabei wird Know-How von Wirtschaft und Forschung zusammengeführt, Zukunftsszenarien erarbeitet und Roadmaps auf Projektebene definiert. Ziel ist, Generationenwechsel bei Technologien und Diensten rechtzeitig zu nutzen, um Märkte (neu) zu erschließen.
- Vollständige Innovationsnetzwerke – von der Grundlagenforschung über die Angewandte Forschung bis hin zum Markt, werden durch interdisziplinäre und vertikale Kooperationen geschaffen. Ziel ist, keine Einzellösungen, sondern verzahnte Lösungen von Geschäftsprozessen, Inhalten und Technologien zu schaffen (z. B.

bei IT-Dienstleistungen). Verwertungspotenziale werden einbezogen und Unternehmensgründungen aus der Forschung unterstützt.

- Chancen interdisziplinärer FuE-Projekte für Innovationen und zum Aufgreifen neuer Forschungsthemen in Deutschland werden intensiv genutzt.
- Besondere Berücksichtigung von Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern; dazu gehören die Unterstützung von IT-Juniorprofessuren und die frühzeitige Einbindung junger Forscherinnen und Forscher aus Hochschulen und den übrigen staatlichen Forschungseinrichtungen in FuE-Projekte, um selbstständiges wissenschaftliches Arbeiten zu ermöglichen und den gewünschten Technologietransfer durch Ausgründungen zu erreichen.
- Mitwirkung von Forschungseinrichtungen und Unternehmen bei internationalen (Quasi-)Standards werden verstärkt.
- Forschungsmarketing wird integraler Bestandteil der Projekte, damit der Nutzen der Forschung für den Menschen sichtbar wird. Herausragende Projekte werden als „Leuchttürme“ besonders herausgestellt.

Neuausrichtung der außer-universitären Forschung

■ FhG / GMD-Fusion

Neue Programme benötigen auch neue Strukturen der Forschungslandschaft. Mit der Zusammenführung der IT-spezifischen Forschergruppen der Fraunhofer-Gesellschaft und der GMD-Forschungszentrum Informationstechnik GmbH wurde mit über 2.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und einem jährlichen Finanzvolumen von über 200 Mio. Euro die größte europäische Forschungsorganisation im Bereich Informations- und Kommunikationstechnik geschaffen. Sie trägt zu einer Konzentration und Stärkung der staatlich geförderten Forschung in der Informations- und Kommunikationstechnik bei und wird der bisher zu schwachen Forschungsbasis bei internet-spezifischen Themen neue Impulse verleihen.

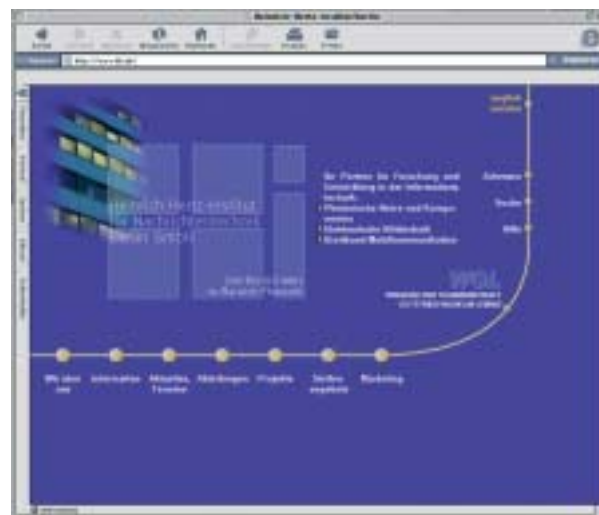
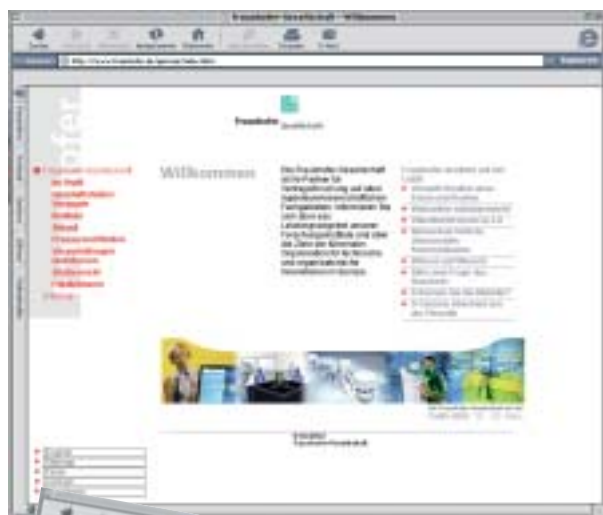
Mit diesem Schritt hat die Bundesregierung die Voraussetzungen geschaffen, dass Deutschland in der IT-Forschung an der Weltspitze agieren kann. In der erweiterten FhG ist ein einzigartiger Forschungsraum für die Informations- und Kommunikationstechnik in Deutschland entstanden. In der nun größten IT-Forschungsorganisation in Europa wurden die Stärken und Kompetenzen beider Einrichtungen erfolgreich miteinander verbunden. Das ist auf der einen

3. Neuausrichtung der Forschungsförderung

Seit der konsequenten Marktorientierung der FhG und auf der anderen Seite die Kompetenz der GMD in der Grundlagenforschung.

FhG und GMD bündeln ihre Kräfte auf einem Gebiet, das auch in den nächsten Jahrzehnten starke Wachstumsimpulse für die Weltwirtschaft erwarten lässt. Die Fusion von GMD und FhG leistet daher einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung und zum weiteren Aufbau zukunftsfähiger Arbeitsplätze in Deutschland.

geplante Integration des HHI in die FhG eine weitere Stärkung der IKT-Forschung in Deutschland.



■ Helmholtz-Gemeinschaft (HGF)

Neu gestaltet wird auch die Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF). Erhielten die HGF-Zentren bisher eine an den Kosten vorhandener Kapazitäten orientierte Grundfinanzierung, so werden die Mittel in Zukunft themen- und zielorientiert im Wettbewerb zwischen den Zentren vergeben. Vom HGF-Senat berufene, international besetzte Gutachterkommissionen werden künftig die von den Zentren aufgestellten Programme und Projekte fachlich bewerten. Dieses neue System der Programmförderung wird schrittweise ab 2003 eingeführt. Insbesondere die beiden Forschungszentren Jülich (Schwerpunkte: neue Bauelemente auf der Basis von Halbleitern und Supraleitern, Materialien und Schichtsysteme für Informationsspeicher, wissenschaftliches Höchstleistungsrechnen, elektronische Kommunikationsnetze) und Karlsruhe (Schwerpunkt Mikrosystemtechnik) sind im IT-Bereich aktiv.

■ Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik (HHI)

Um den zukünftigen Anforderungen und Maßstäben an IKT-Entwicklungen zu genügen, müssen die Forschungsgebiete der Hard- und Softwaretechnologie künftig enger zusammengefasst werden. Im HHI sind alle wesentlichen IKT-Bereiche von der Anwendung über die Systemtechnik für Fest- und Mobilnetze bis hin zu den Komponenten als Forschungsschwerpunkte vertreten. Diesen Schwerpunkten entsprechen Hard- und Softwarearbeiten sowie auf den Nutzer bezogene (Human-Factors)-Arbeiten. Vor diesem Hintergrund bedeutet die



Internationale Zusammenarbeit

In Zeiten globalisierter Märkte ist eine zunehmende Internationalisierung von Wissenschaft und Forschung notwendig. Die internationale Zusammenarbeit im Bereich der Forschung flankiert die intensiven Wirtschaftsbeziehungen deutscher Unternehmen zum Ausland. Sie steigert durch FuE-Kooperationen und die dadurch bewirkte Präsenz und Sichtbarkeit deutscher Wissenschaft und Forschung die Attraktivität des Produktions- und Forschungsstandorts Deutschland, wodurch Anreize für Investitionen aus dem Ausland geschaffen werden. Damit leistet sie einen wesentlichen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands.

Eine weiter verstärkte Internationalisierung der Forschung im IKT-Bereich und dessen Anwendungen soll der Funktion dieses Forschungsbereichs als Motor für die IKT-Wirtschaft – einer Branche mit enormem Wachstumspotenzial in der Zukunft – weitere Leistungspotenziale entlocken, um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen IKT-Wirtschaft auf dem Weltmarkt zu steigern. Sie kann sowohl einen konkreten Beitrag (z.B. Ausbau der Wissenschaftsnetze) hierzu leisten, als auch einen aktiven Nutzen (z.B. internationale Arbeitsteilung zur Bewältigung technologischer Herausforderungen) daraus ziehen.

Die für die internationale Zusammenarbeit zur Verfügung stehenden Instrumente reichen von dem innerhalb der EU initiierten EU-Rahmenprogramm für Forschung, technologische Entwicklung und Innovation – mit dem politischen Ziel, einen „Europäischen Forschungsraum“ zu gestalten, über die multilateralen Kooperationsrahmen EUREKA, COST und OECD bis zu den bilateralen Kooperationen – sowohl auf Basis jeweiliger Abkommen für die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit (WTZ) als auch ohne formelle zwischenstaatliche Abkommen (z.B. im Rahmen bilateraler Konsultationen, der Förderung bilateraler Projekte, der Errichtung gemeinsamer bzw. ausländischer Einrichtungen / Institute).

Die beabsichtigte stärkere strategische Ausrichtung der internationalen Zusammenarbeit im Bereich der IKT-Forschung und deren Anwendungen erfordert einen differenzierten Einsatz dieser Instrumente und somit eine – von der jeweiligen FuE-Aufgabenstellung abhängige – unterschiedliche Herangehensweise. Neben einer von Forschungseinrichtungen und Wirtschaft getragenen Verankerung der wissenschaftlich-technologischen Zusammenarbeit, ist es für den Wissenschafts- und Innovationsstandort Deutschland entscheidend, mit den besten Partnern weltweit zusammenzuarbeiten und aktiver Teil internationaler Exzellenznetzwerke zu sein.

Insbesondere in wissensgestützten Industriebranchen wie der IKT bedarf es heute vor allem einer verstärkten Fokussierung auf bi- oder multilateral getragene strategische Projekte, die zielorientiert Kräfte bündeln, und auf eine arbeitsteilige Ergebnisverwertung ausgerichtet sind. Die damit bewirkte Schaffung von Strukturen im Sinne „kritischer Massen“ die den zahlreichen, auch – insbesondere im Vergleich mit der Unternehmensstruktur in den USA – kleinen Unternehmen in diesem Sektor helfen, einen erreichten Vorsprung im Wettlauf um die Zukunftstechnologien zu sichern, ist ein wesentliches strategisches Element. Diese internationale Zusammenarbeit muss letztlich jedoch von den europäischen und nationalen forschungs- und wirtschaftspolitischen Zielen bestimmt sein.

Eine wichtige Rolle, vor allem im Software- und Internetbereich spielen Kooperationen mit dem Ziel, gemeinsam Standards zu entwickeln. Nur wer erfolgreich FuE betreibt, kann in dem sich schnell entwickelnden IKT-Markt Standards beeinflussen und setzen. Nationale Alleingänge sind in Europa schon allein aufgrund der kleinen Binnenmärkte wenig erfolversprechend.

Im Rahmen von EUREKA gibt es hierfür mit MEDEA+ und ITEA erste Ansätze, durch „Umbrella“ bzw. Cluster-Projekte eine solche Bündelung nationaler FuE-Anstrengungen der einzelnen Partner zu erreichen. Dies gilt es weiter auszubauen. Die mit dem 6. EU-Forschungsrahmenprogramm eingeführten sog. „integrierten Projekte“ sind ein geeignetes Instrument die eingangs als Ziel beschriebene stärkere strategische internationale Ausrichtung der IKT-Forschung weiter zu befördern. Es gilt den Vorteil, den Deutschland aufgrund seiner – auf vernetzte, interdisziplinäre Zusammenarbeit in Projekten ausgerichtete – Förderstrukturen hat, für eine stärkere strategische Orientierung der europäischen Forschung im IKT-Bereich zu nutzen. Dazu gehört auch die Bereitschaft deutscher Unternehmen und Forschungseinrichtungen innerhalb der europäischen Projekte häufiger die Federführung zu übernehmen.

Aber auch bilateralen, außereuropäischen Kooperationen kommt eine herausragende strategische Bedeutung zu. Vor allem dort, wo – wie in der Mikroelektronik (z.B. Sematech) – Roadmaps existieren, brauchen wir neben einer Arbeitsteilung in Europa zudem strategische Allianzen mit anderen Wirtschafts- und Forschungsregionen – z.B. mit den USA –, um so die erforderliche kritische Masse zu erzielen und zugleich Zugang zu Fertigungstiefe und System-Know-how in Breite zu gewinnen und verwerten zu können. Entsprechendes gilt für die internationale Kooperation mit den asiatischen Wachstumsmärkten, wie am Beispiel der Kommunikationstechnik (z.B. bilaterale Kooperation mit China im Bereich Mobilfunk) offensichtlich wird.

3. Neuausrichtung der Forschungsförderung

Die Ausrichtung von „IT-Forschung 2006“ an diesen strategischen Elementen für eine fortschreitende Internationalisierung der IKT-Forschung – sowohl bi- und multilateral als auch im europäischen Kontext – wird dazu beitragen, ausgehend von einer gemeinsamen europäischen Plattform, eine erfolgreiche Umsetzung von Produkten auf den Weltmärkten zu realisieren und es Europa ermöglichen – neben USA – eine führende Rolle in diesem Bereich zu besetzen.

Ein zentrales Instrument im Rahmen dieser „Internationalisierungs“-Strategie ist der Auf- und Ausbau der Forschungsnetze weltweit. Die enormen Anstrengungen der EU-Mitgliedstaaten aufgreifend wird es eine wichtige Herausforderung für das im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm verankerte GEANT-Projekt sein, ein leistungsfähiges europäisches Forschungsnetz aufzubauen und mit den weltweit verteilten Forschungsstandorten zu vernetzen, um durch die integrativen Wirkungen einer solchen Infrastruktur die Strategien der internationalen Zusammenarbeit zu befördern.

Nationale Forschungsprogramme können durch internationale Arbeitsteilung viel gewinnen. Das Forschungsprogramm „IT-Forschung 2006“ ist offen für eine von Wirtschaft und Forschungseinrichtungen in Deutschland gemeinsam gestaltete und getragene internationale Zusammenarbeit.



Erfolgskriterien

Der Erfolg eines Programms kann im Nachhinein am besten bewertet oder gar „gemessen“ werden, wenn zu Beginn nachprüfbare, quantitative Ziele und Bewertungsmaßstäbe festgelegt wurden. So wenig neu diese Erkenntnis auch ist, so gibt es weltweit nur wenige (Forschungs-)Programme, die diesem Anspruch vollständig gerecht werden. Mit dem Aktionsprogramm „Innovation und Arbeitsplätze in der Informationsgesellschaft des 21. Jahrhunderts“ ist der Weg, quantitative Zielmarken zu definieren, zum ersten Mal in einem größeren IT-Programm in Deutschland beschritten worden. Aber auch dort zeigte es sich, dass im Bereich der Forschung sinnvolle Zieldefinitionen, die über technische Parameter (z.B. die Entwicklung rein optischer Netzwerke bis 2005) hinaus gehen und Grundlage für eine aussagekräftige „Erfolgsmessung“ sein könnten, nur schwer bestimmbar sind. Volkswirtschaftliche Kenngrößen, wie branchenbezogene Umsätze, Anteile am BIP und Beschäftigungsentwicklungen sind zu unspezifisch, zumal sie von zu vielen anderen gesamtwirtschaftlichen Rahmendaten, aber auch spezifischen, teils nicht vorhersehbaren Marktentwicklungen einzelner Branchen abhängig sind. Auch Patentanmeldungen und die Anzahl von Veröffentlichungen und Zitierungen

sagen nur bedingt etwas über die Qualität und vor allem die Umsetzbarkeit von Forschungsergebnissen aus.

Auch bei „IT-Forschung 2006“ wird sich die Erfolgsbewertung in diesem Spannungsfeld bewegen müssen. Zur Messung des Erfolges werden daher zunächst primäre Indikatoren wie Anzahl der Patente oder Anzahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen und deren Zitierungen herangezogen, aber auch die Anzahl der Ausgründungen aus den beteiligten Forschungseinrichtungen, sofern sie einzelnen Projekten oder Programmschwerpunkten zurechenbar sind.

Eine fundierte Bewertung kann sich aber nicht allein auf diese Indikatoren stützen. Nur international anerkannte Fachleute, die die weltweite dynamische Entwicklung von Wirtschaft und Forschung kennen, sind letztlich in der Lage, eine – wenn auch nur qualitative – Bewertung von Programmerfolgen vorzunehmen.

In regelmäßigen Evaluationsrunden soll daher im Rahmen von „IT-Forschung 2006“ eine aktuelle Standortbestimmung der erreichten Forschungsergebnisse durchgeführt werden, um ein Ranking zu erhalten, das einen internationalen Vergleich ermöglicht. Dazu werden Experten aus dem In- und Ausland, aus Wirtschaft und Forschung mit einbezogen.

4 | Forschungsbereiche



Zahlreiche Entwicklungen der Informationstechnik sind schon heute abzusehen, auch wenn der konkrete Weg zur Realisierung noch unklar ist. Eine Ausrichtung an Megatrends und zu erwartenden technologischen Durchbrüchen ist ebenso notwendig wie die Möglichkeit, Neuland betreten zu können. Gleichzeitig gilt es, die späteren Anwendungen im Blick zu haben und gezielt solche Anwendungsbereiche zu fördern, für die der Staat eine besondere Verantwortung trägt.

Die Programmschwerpunkte von „IT-Forschung 2006“ werden an forschungsrelevanten Megatrends ausgerichtet werden; dazu zählen:

■ Konvergenz

Die Konvergenz der Informations-, Kommunikations- und Medientechnologien bei Netzen, Endgeräten, Softwarelösungen und Anwendungen erfordert eine hohe Interoperabilität, wobei das Internet Protokoll (IP) als dominierendes Protokoll eine herausragende Rolle spielt.

■ Komplexität

Die zunehmende Komplexität informationstechnischer Systeme erfordert neue Ansätze, um Funktionalität, Zuverlässigkeit und Sicherheit auf Entwurfsebene geschlossen zu optimieren. Folge des Trends der zunehmenden Komplexität sind eine stärkere Mathematisie-

rung der Entwurfsverfahren und eine zunehmende Bedeutung der Informatik.

Dabei wird es darauf ankommen, dass die interne Komplexität des Systems für den Nutzer nicht wahrnehmbar wird. Mangelnde Anwenderfreundlichkeit ist immer noch Merkmal von IT-Systemen, vor allem bei softwaredominanten Prozessen und Produkten mit immer mehr Funktionalität. Gefordert sind neue kognitive Systeme zur Integration menschlicher und maschineller Kommunikation in Anwendungen und Dienstleistungen. Dazu zählen z. B.

- verbesserte Konzepte für die Mensch-Maschine-Schnittstelle,
- intelligente autonome Systeme, insbesondere Assistenzsysteme für den Menschen und personalisierte Interaktionssysteme,
- neue Formen der Wissensrepräsentation und -verarbeitung und
- das sichere Internet.

Die auf Grund dieser Megatrends entstehende Entwicklung von IT-Systemen und Anwendungen erfordert die Bereitstellung von Schlüsseltechnologien. Dazu zählen

- Next Generation Lithography als Voraussetzung für Strukturen im Nanobereich,

- Ausnutzung neuer physikalischer Effekte beim Übergang von der Mikroelektronik zur Nanoelektronik,
- Photonik, rein photonische Netze von Endgerät zu Endgerät (Transport, Schalter),
- intelligente, vernetzte Sensor- und Aktorsysteme,
- adaptive, universelle Air-Interfaces (Software radio, Hardware & Protokolle),
- neuartige Bauelemente und Architekturen zur Minimierung des Energieverbrauchs,
- neuartige Softwarearchitekturen zur Interoperabilität heterogener Systeme und Bildung von Ad-Hoc-Softwarediensten,
- neuartige Methoden zur Komplexitätsbewältigung wie aspektorientierte Softwareentwicklung und zur Erlangung eines um Dimensionen höheren Grades an Funktions- und Zugriffssicherheit (Safety und Security),
- neue Systeme der Mikro-/Nanoelektronik, System on Chip und
- neue Entwurfsmethoden, wie die modellbasierte Softwareentwicklung, zur schnellen Umsetzung von Ideen in anwendbare Systeme und Produkte.

Die Bereitstellung neuer Technologien bietet auch die Basis für innovative und wissensbasierte Dienstleistungen, z.B. in der Beschaffung, in der Kundenbetreuung oder in der Organisation, die künftig eine immer größere Bedeutung gewinnen und sich als Beschäftigungsmotor erweisen.

Als Querschnittsthema werden die Themenbereiche Sicherheit und Nachhaltigkeit in allen Teilen von „IT-Forschung 2006“ besondere Berücksichtigung finden.

Die Weiterentwicklung bestehender und das Entstehen neuer Forschungsgebiete ist eng gekoppelt an technologische Fortschritte, die völlig neue Perspektiven eröffnen; zu den erwarteten Durchbrüchen zählen z. B.

- die mobile Energieversorgung,
- das all optical data-processing (inkl. data-transport),
- neuartige, nanoelektronische Bauelemente und Systeme,
- neuartige Materialien für Sensoren und Aktoren zum Schalten und Übertragen,
- die Displaytechnik mit neuen, flexiblen Displays, das elektronische Papier oder Displays auf Polymer-Basis (OLED),
- adaptive Software- und Anwendungsarchitekturen, offene adaptive Übertragungssysteme,
- selbstorganisierende Kommunikationsnetze, Breitbandfunknetze,
- neue technische und organisatorische Sicherheitskonzepte,
- die Entwicklung von Contentware, context-dependant and personalised content und

- neue Lösungsansätze für die IT aus der Biologie.

Das IT-Forschungsprogramm wird nicht nur kurz- und mittelfristige Entwicklungen fördern, sondern ebenso konsequent Forschungsvorhaben unterstützen, deren technische und wirtschaftliche Potenziale heute noch schwer abschätzbar sind und daher allenfalls langfristig in unseren Alltag vordringen werden. Dazu zählen

- die Quanten-Informationsverarbeitung, Quantenstrukturen, Quantum Computing,
- neuartige Systeme für optical processing (z. B. Einsatz photonischer Kristalle),
- Spintronik,
- DNA-Computer, biomolekulare und bioanaloge Rechner, organisches Computing,
- Neuroprothetik und Biohybrid-Systeme,
- automatische Generierung von Software aus Anforderungsspezifikationen,
- das bottom-up-Design, vom Atom/Molekül zum System und
- die Selbstorganisation auf molekularer Ebene.

Daher ist es notwendig, dass auch die erkenntnisorientierte Grundlagenforschung konsequent fortgesetzt wird.

Die Ergebnisse der über 30 Workshops, Expertenrunden und Konsensgespräche mit insgesamt über 300 Fachleuten ergaben die inhaltlichen Schwerpunkte des Förderprogramms „IT-Forschung 2006“ zur Informations- und Kommunikationstechnik:

- **Nanoelektronik und Systeme**
- **Softwaresysteme**
- **Basistechnologien für die Kommunikationstechnik**
- **Internet – Grundlagen und Dienste**

Besonders hervorzuheben ist dabei die herausragende Rolle der Softwaresysteme als Schlüssel- und Querschnittsthema für alle anderen Programmbereiche. Ebenso verfolgt das Programm den Systemgedanken, bei dem ganzheitliche Problemlösungen im Vordergrund stehen, die eine starke Vernetzung der einzelnen Programmbereiche untereinander notwendig machen.

Diese vier Programmbereiche beschreiben aber – das war allen Mitwirkenden am Programm von vornherein klar – bei weitem nicht das ganze Innovationsfeld der IT. Zwar wird das Programm „IT-Forschung 2006“ wirkungsvoll ergänzt durch das Förderkonzept „Mikrosystemtechnik 2000+“, das ein zentrales, KMU-relevantes, Anwendungsfeld in Breite abdeckt. Aber die Durchdringung mit IT geht auch weit über diesen Bereich hinaus. IT-Anwendungen sind allgegenwärtig. Die Nutzung und Anwendung von IT vollzieht sich in weiten Teilen des privaten, wirtschaft-

lichen und gesellschaftlichen Lebens ohne staatliche Eingriffe oder Förderung. IT-Anwendungen bedürfen aber der gestalterischen Initiative des Staates in jenen Bereichen, für die er besondere Verantwortung trägt:

- Bildung/ Wissenschaft,
- Sicherheit/Kritische Infrastrukturen,
- Nachhaltigkeit/ Umwelt,
- Gesundheit,
- Verkehr/Mobilität,
- Öffentliche Verwaltung.

In der Gesellschaft praktisch unstrittig ist der Anwendungsbereich „Bildung“. Die modernen Informations- und Kommunikationstechniken eröffnen neuartige Aus-, Fort- und Weiterbildungsmöglichkeiten inhaltlicher und struktureller Art. Mit dem Handlungskonzept „Anschluss statt Ausschluss – IT in der Bildung“ hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung bereits die Weichen gestellt und für dessen Umsetzung insgesamt 0,7 Mrd. Euro für den Zeitraum 2000–2004 bereitgestellt.

Ebenso bedürfen zweifelsohne die Bereiche Sicherheit und Nachhaltigkeit besonderer staatlicher Aufmerksamkeit und sind querschnittsmäßig in allen Programmteilen von „IT-Forschung 2006“ Ziel- und Bewertungsgrößen.

Für die weitere Entwicklung der Wissensgesellschaft ist das Vertrauen von Nutzerinnen und Nutzern in die Sicherheit der Systeme und der Schutz vor Missbrauch eine notwendige Voraussetzung. Die Bundesregierung gewährleistet dies durch die Schaffung geeigneter rechtlicher Rahmenbedingungen. Über die rechtlichen Aspekte, wie den Verbraucher- und Datenschutz, hinaus kommt es darauf an, auch entsprechend die technologischen Grundvoraussetzungen für robuste und sichere IT-Systeme zu ermöglichen, denn die Akzeptanz moderner IT-Systeme hängt von deren sicherer und verlässlicher Anwendbarkeit ab. Hierzu hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie entsprechende Förderaktivitäten, wie z. B. VERNET (Sichere und verlässliche Transaktionen in offenen Kommunikationsnetzen) gestartet.

Die Ausrichtung der Informations- und Kommunikationstechnik am Leitbild der Nachhaltigkeit ist wegen deren herausragender ökonomischer und ökologischer Potenziale entscheidend für einen modernen Industriestaat.

Weitere wichtige IT-Anwendungsfelder wie z. B. Umwelt, Gesundheit oder Mobilität, die unmittelbare Auswirkungen auf den Menschen und dessen Alltag haben, setzen eine intensive Diskussion der inhaltlichen Ausgestaltung voraus, denn Veränderungen der Gesellschaft sind nicht nur Sache der Forscherinnen und Forscher, der Wirtschaft und der Forschungseinrichtungen – daran sind alle beteiligt. Eine Förderung dieser IT-Anwendungen setzt daher eine sorgfältige Abstimmung und Einbindung nicht nur von IT-Exper-

tinnen und -Experten, sondern auch breiter gesellschaftlicher Schichten voraus. Nur so ist gewährleistet, dass technische Entwicklungen, die bereits heute in den Labors von Forschungseinrichtungen und Unternehmen Gestalt annehmen, zu sinnvollen Anwendungen für den Menschen führen werden. Ziel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung ist, aus der großen Zahl der möglichen Themen die zentralen herauszufiltern und die Dinge, die man vernünftigerweise erforschen oder beeinflussen kann. Im Rahmen des nationalen Forschungsdialogs – dem FUTUR-Prozess – wird der Wandel zur Wissensgesellschaft aktiv mit allen gesellschaftlich relevanten Gruppen gestaltet. Auch im Bereich der IT-Anwendungen werden Ergebnisse erwartet, die dann in die betroffenen Programme der Bundesregierung Eingang finden werden.

Folgende Anwendungsvisionen sollen beispielhaft illustrieren, welche Anwendungen IT möglich macht:

- Laufende und unauffällige Kontrolle gesundheitsrelevanter Körperfunktionen,
- Sicherheitserkennung über biometrische Merkmale,
- verkehrssicheres Auto mit Assistenz in allen Fahrsituationen,
- sicheres und vernetztes Haus,
- einfache und sichere Kommunikation zwischen Mensch und Technik.

FUTUR – der deutsche Forschungsdialog:

Um wettbewerbsfähig zu bleiben, ist es notwendig, künftige Entwicklungen in Gesellschaft und Technik rechtzeitig einzuschätzen und das Land auf die Zukunft vorzubereiten. Mit dem Forschungsdialog FUTUR hat die Bundesregierung diesen Prozess der Vorausschau gestartet. Es gilt, über mögliche Entwicklungen in der Gesellschaft zu diskutieren. So soll der Bedarf an Forschungsergebnissen ermittelt werden. Daraus werden Leitvisionen für die Forschungspolitik gezeichnet, die in konkreten Forschungsprojekten umgesetzt werden.

Mit Forschung schaffen wir das Wissen für die Gestaltung der Zukunft. Wer morgen auf gesichertes Wissen zurückgreifen möchte, muss heute die richtigen Fragen stellen, Programme und Gelder zur Verfügung stellen, um rechtzeitig die gesuchten Antworten parat zu haben.

Partizipation ist ein wichtiges Element von Futur: Die Zukunft ist zu wichtig, um sie allein einem kleinen Expertenkreis zu überlassen.

Weitere Informationen:

www.futur.de

4.1. Nanoelektronik und -systeme

Über die Elektronik vollzieht sich die höchste Wertschöpfung der durch Wirtschaft und Wissenschaft angebotenen Techniken in allen Bereichen der Gesellschaft. Das heutige Weltmarktvolumen elektronische Bauelemente beträgt 350 Mrd. Euro. Für den Markt der Halbleiter wird bis 2005 ein Volumen von 260 Mrd. Euro erwartet (Semiconductor Industry Association, 2002). Das entspricht einer jährlichen Steigerung von 8 %. Allerdings ist dieses Wachstum keine Selbstverständlichkeit. Es setzt vielmehr weiterhin eine intensive Forschung voraus.

Ein Hightech-Standort wie Deutschland behält seine Position nur, wenn er der Elektronik mit ihren Basistechnologien im Lande selbst und in ihrer internationalen Vernetzung den Stellenwert beimisst, der auf lange Sicht eine auch an den Märkten realisierte erfolgreiche Entwicklung gewährleistet. Das Spektrum der Unternehmen, die an der Wertschöpfungskette der Elektronik beteiligt sind, ist vielschichtig, überschaubar ist dagegen die Zahl der Halbleiter-Hersteller.

Die Halbleiterindustrie in Deutschland verfügt aber heute nur noch über ein beschränktes Potenzial, sich weltweit – zumindest im nächsten Jahrzehnt – an der Spitze der Entwicklung zu weiterer sich noch vollziehender Strukturverkleinerung zu behaupten. Eine Vorreiterrolle ist für den Standort von erheblicher Bedeutung, da über die Strukturverkleinerung letztlich die Potenziale an Komplexitätssteigerung und Reduzierung von Leistungsverbrauch erschlossen werden, die die höheren Funktionalitäten in Systemanwendungen für Massenmärkte zu realisieren gestatten.

Das zukünftige Angebot der Nanoelektronik – d. h. der Mikroelektronik mit immer kleineren funktionsbestimmenden Strukturen, deutlich unter 100 nm – ist die Realisierbarkeit nahezu beliebig komplexer Chipsysteme als funktionsbestimmende und unverzichtbare Bestandteile neuer Produkte. Diese zielen nicht nur auf heute schon bestehende Massenmärkte, sondern auch auf aussichtsreiche Nischenmärkte mit dem Potenzial für künftige Massenmärkte.

Für die öffentliche Forschungsförderung ergibt sich daraus die besondere Verantwortung, einen Technologiebereich von zugleich hoher Forschungsintensität und hoher Hebelwirkung für Innovationen insgesamt effektiv zu fördern.

Den internationalen Aktivitäten zur Elektronik liegt als „roter Faden“ die in regelmäßiger Überarbeitung befindliche ITRS-Roadmap zum Mainstream der Entwicklung zugrunde. Die Vereinigung der US-Halbleiterindustrie (Silicon Industries Association, SIA) erstellt im

Abstand von zwei bis drei Jahren, unter Mitwirkung der wichtigsten „Spieler“ der weltweiten Halbleiter-Industrie, eine 15-Jahre-Prognose, die sogenannte ITRS-Roadmap (International Technology Roadmap for Semiconductors) für die Entwicklung aller wesentlichen technischen, technologischen und ökonomischen Mikroelektronikdaten, die jedoch mittlerweile auch zwischenzeitlich immer wieder Aktualisierungen erfährt. Sie bezieht alle Facetten der Chipherstellung, von der Realisierung der Bauelementestrukturen bis zum Packaging und den Mess- und Qualitätsprozessen ein.

Kern der Roadmap ist die in den letzten Jahren progressiv verlaufende Strukturverkleinerung als Basis aller Performance-Steigerungen im Bereich der Ökonomie, der Komplexität, des Leistungsverbrauches und anderer Kriterien, die Voraussetzung für die Erschließung von Massenmärkten sind. Um den Standort auszubauen und zu erhalten, ist aber vor allem die notwendige Breite an verfügbaren Technologien, die nicht allein auf Strukturverkleinerung setzen, sondern auch den spezifischen Anforderungen unterschiedlicher Anwendungsfelder gerecht werden müssen. Diese technologische Breite für die Vielfalt an Systemanforderungen ist die Hauptquelle für den Mehrwert aus der Elektronik.

Durch dieses Angebot an anwendungsreifen Technologien und Prozessschritten ist die Elektronik in der Lage, eine Vielzahl von Technikbereichen in ihrer Entwicklung zu stimulieren und mit ihnen disziplinübergreifend zu kooperieren.

Es ist für das technologie- und exportorientierte Land Deutschland wichtig, in der generischen Technologie Elektronik weltweit wettbewerbsfähige Forschung und Entwicklung zu betreiben, um sich in der Weltspitze der Industrienationen insgesamt behaupten zu können. Die Forschungsförderung kann diesen Prozess in den entscheidenden, vorwettbewerblichen und daher risikoreichen Bereichen wesentlich beschleunigen.

Die weiteren Strukturverkleinerungen und die damit verbundenen Probleme sind mit evolutionären Ansätzen oft nicht zu lösen. Neue Wege müssen eingeschlagen werden. Die Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wird sich daher auf die sogenannten „Roadblocker“ konzentrieren, d. h. auf wissenschaftlich-technische Problemstellungen, die nicht einfach mit Hilfe alternativer Technologien umgangen werden können, sondern deren Lösung zur Erreichung des gesteckten Ziels zwingend erforderlich ist.

- Unter 100 nm ist die optische Lithographie am Ende – gefragt sind rechtzeitig Verfahren der nächsten Generation, die auch „nichtklassische“ Strukturen (z. B. quantenmechanische Bauelemente) produktionstechnisch realisierbar machen.

4. Forschungsbereiche

- Verkleinerung der Strukturen und Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeiten auf dem Chip erfordern neue Materialien für die Leiterbahnen, neue Isolierstoffe mit hohen bzw. niedrigen Dielektrizitätskonstanten, neue Siliziumadäquate Materialkombinationen, neue Architektur-Konzepte für Bauelemente wie Transistoren oder Speicherzellen.
- Beherrschung, d. h. Verringerung des Leistungsverbrauches und der Betriebsspannungen durch mögliche Verbindung von Leistung und Information, und Kombination von analoger und digitaler Technik auf einem Chip.
- Vom Bauelement zum Chip und System: Ständig wachsende Anforderungen an die Gesamtperformance zwingen dazu, neben der Integration auf dem Chip (Komplexität, Strukturen, Abmessungen, Geschwindigkeit) die Integrationsumgebungen einzubeziehen – durch neue Aufbau- und Verbindungstechniken, die Kombination und Wechselwirkung mit anderen, auch nichtelektronischen (organischen oder anorganischen) Systemteilen.
- Die Herausforderung, unter diesen extremen Bedingungen auch noch die Produktivität des Chipentwurfs jährlich fast zu verdoppeln, wird weiter verschärft durch den Zwang, zunehmend Störeffekte im Schaltungsentwurf berücksichtigen zu müssen, sowie durch eine wachsende Heterogenität der Systeme, die Vielfalt der Umgebungen, unter denen Chips zukünftig betrieben werden. Gleichzeitige Verfügbarkeit von Technologie-, System- und Schaltungswissen beim Entwerfer wird zu einer wichtigen Triebkraft zur Beherrschung dieser Herausforderung.

Seit einigen Jahren ist z. B. eine signifikante Beschleunigung der Entwicklung entlang der Roadmap zu beobachten: Es bestätigt sich ein Trend zu zweijährigen Zyklen (bisher drei Jahre) von einer IC-Generation zur nächsten. In gleicher Zeit hat sich auf dem Gebiet der Lithographie die Zeit von der ersten wichtigen Publikation bis zur Marktreife auf 5 Jahre halbiert (157 nm im Vergleich zu 248 nm). Diese aggressive Weiterentwicklung stößt zunehmend auf fundamentale Defizite im Bereich der Material- und Gerätetechnologien.

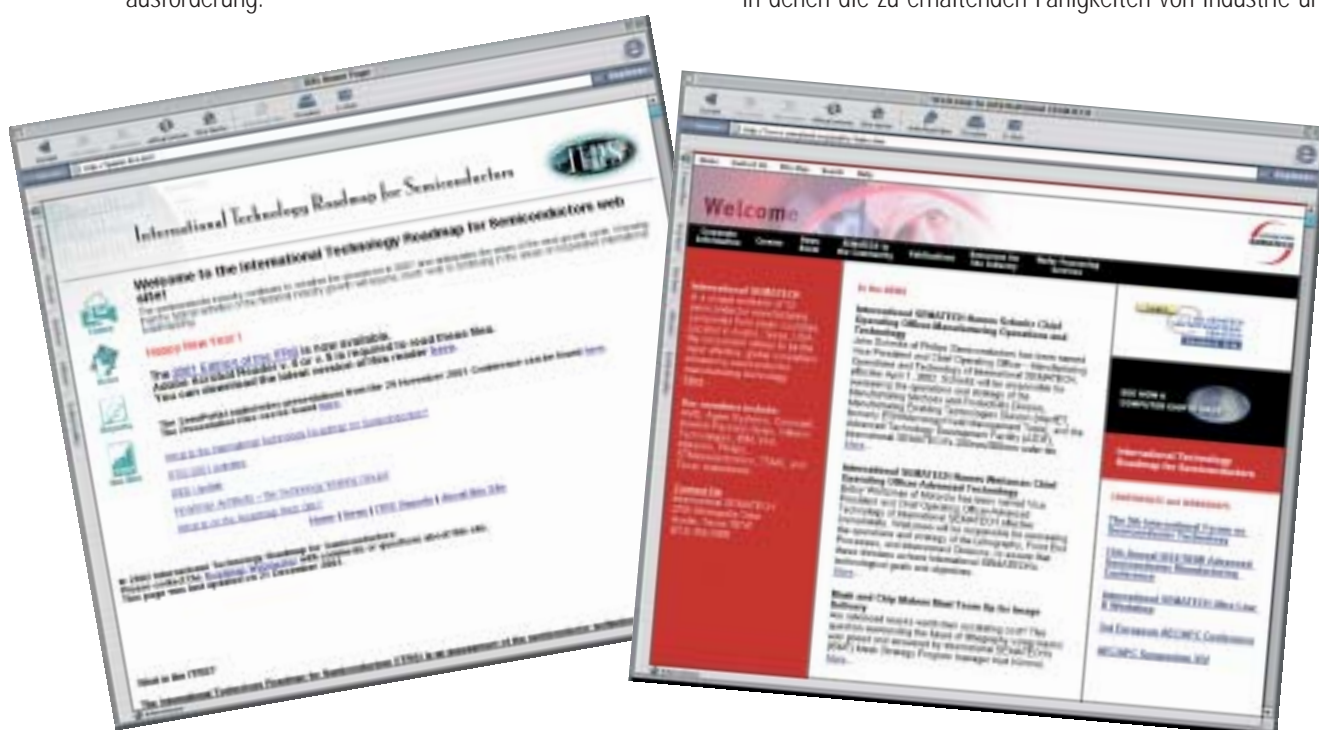
Aus strategischer Sicht muss Förderung dazu beitragen, die Leistungsfähigkeit des Standortes für den globalen Wettbewerb zu erhalten, d. h.

- die Technologiefähigkeit der Halbleiterindustrie in der Spitze der Entwicklung nach Roadmap und in der für die Systemführerschaft notwendigen Breite,
- die Systemfähigkeit der Hersteller- und Anwenderindustrie in ihren Produkten und Dienstleistungen,
- die Designfähigkeit als entscheidendes Bindeglied zwischen verfügbarer Technologie und applikationsspezifischer Systemanforderungen

dauerhaft zu gewährleisten. Darüber hinaus muss die Fähigkeit zur Zukunftsvorsorge auf allen genannten Gebieten durch grundlagennahe Forschung in notwendiger Breite gewährleistet werden.

Die staatliche Förderung im nächsten Jahrzehnt konzentriert sich auf die Säulen

- Technologien und Geräte für die Elektronikfertigung,
 - Neuartige Schaltungen und Bauelemente,
 - Chipsysteme und Entwurfsmethodik
- in denen die zu erhaltenden Fähigkeiten von Industrie und



Wissenschaft mitgestaltet und gestützt werden. In dieser Dreiteilung sind alle strategisch wichtigen Entwicklungen berücksichtigt. Sie lässt sich zusammenfassen unter dem Leitgedanken „higher performance – lower power“. Nur durch erfolgreiche Forschungsanstrengungen in allen drei Säulen ist dieses Ziel zu erreichen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung wird seine Förderung innerhalb der drei Säulen auf jene Bereiche und Projekte konzentrieren, welche die größte volkswirtschaftliche Hebelwirkung erwarten lassen.

Eine so angelegte bedarfsgerechte Förderung der Nanoelektronik darf sich nicht in der Förderung der entsprechenden physikalischen Basisforschung erschöpfen. Je nach Aufgabenstellung müssen die zur Lösung relevanten Forschungsdisziplinen – zum Beispiel Optik, Materialforschung, Biotechnologie, Umwelttechnologie – einbezogen werden, wenn so ein Mehrwert für die Umsetzung von Nanoelektronik-Anwendungen erwartet werden kann.

Die „Roadblocker“, die aus heutiger Sicht der schrittweisen Realisierung derart komplexer Netzwerke im Wege stehen, werden im Rahmen von „IT-Forschung 2006“ mit Experten aus Industrie und Wissenschaft definiert.

Die Nanoelektronik mündet in neuartige Vernetzungen des Menschen in und mit seiner Umwelt, deren Möglichkeiten zur Ausgestaltung heute noch gar nicht erfasst werden können. Sie sind Herausforderungen für die Entwicklungen in der Nanoelektronik, heruntergebrochen auf Strukturen, Architekturen, Bauelemente und Technologien. Sie werden dann zum Erfolg des Standortes, wenn die Wertschöpfungskette in den Teilen mit dem entscheidenden Know-how sowohl FuE- als auch produktionsseitig von der deutschen Wissenschaft und Wirtschaft weiterhin mitbestimmt werden kann. Dazu soll „IT-Forschung 2006“ einen motivierenden und mobilisierenden Beitrag leisten.

Unter Nanoelektronik wird hier die auf Silizium basierende Elektronik mit Strukturbreiten von unter 100 Nanometer verstanden. Dazu alternative Ansätze werden nur dann betrachtet, wenn sie bereits ihre erste technische Evaluierungsstufe durchlaufen haben. Dies ist erkennbar daran, dass erste industrielle Realisierungspläne konkreter Produkte vorliegen. Unter dem breiten Spektrum der alternativen Ansätze für die Nanoelektronik der Zukunft wird gegenwärtig mit Schwerpunkt die Magneto- und Spinelektronik betrachtet. Dieser Ansatz nutzt neue Erkenntnisse des Magnetismus für die Elektronik und stellt gegenwärtig den aussichtsreichsten Ansatz dar, die Silizium-Elektronik mittelfristig zu ergänzen. Namhafte Halbleiterhersteller erwarten die ersten magnetoelektronischen Produkte im Jahr 2004.

Die Säulen des Förderbereiches Nanoelektronik orientieren sich an der ITRS-Roadmap. Die neueste Roadmap prognostiziert Strukturgrößen von 23 nm für DRAM-Bauelemente und 16 nm Gatelänge für Mikroprozessor-Technologien. Hierfür werden aber schon eine ganze Anzahl von Annahmen gemacht, so dass dieser Voraussage eine relativ große Unsicherheit zugeordnet werden muss.

Da die Halbleiterindustrie ihre Systemplanungen langfristig an solchen Trendkurven ausrichtet, konnten die Trends in der vergangenen Zeit auch immer erreicht werden. Die Schwierigkeiten bei der Erreichung der in der Roadmap verankerten Ziele sind jedoch in den letzten Jahren enorm angewachsen und betreffen nicht mehr nur die Verkleinerung von Strukturabmessungen, sondern in zunehmendem Maße auch Probleme, die in der Vergangenheit als eher peripher eingestuft worden sind. Das sind u. a. die Notwendigkeit des Verwendens neuer Materialien in den Chips oder das an die Chip-Performance angepasste Packaging.

4.1.1. Technologien und Geräte für die Elektronikfertigung

Ausgangslage

Grundvoraussetzung für eine wettbewerbsfähige Nanoelektronik ist eine wettbewerbsfähige Produktionstechnologie. Die Forschungsförderung wendet sich hier vor allem folgenden Schwerpunkten zu:

- Strukturierungsverfahren für den Sub-100 nm-Bereich,
- Ausrüstungen, Materialien, Technologien zur Halbleiterfertigung.

Die besonderen Herausforderungen in diesen Bereichen sind

- bessere Geräteauslastung in der Fertigung durch intelligente Steuerungen, Verkopplungen, Messdatenerfassung und -verarbeitung,
- Verringerung von Masken- und anderen Technologieschritten,
- Beherrschung höherer Temperaturen, höherer Heterogenitäten im Fertigungsprozess neuer Bauelemente,
- neue Geräte- und Transportkonzepte, höchstreine Materialien usw. für immer größere Wafer mit immer kleineren Strukturen,
- angepasste Teststrategien und -verfahren, neue Verfahren für Lebensdauer- und Zuverlässigkeitsprüfungen,
- flexiblere Einbindung passiver Bauelemente in die Integration,
- Dünnen von Wafer, oft verbunden mit 3D-Integration,
- Assembling (Umverdrahten, Verkappen) und Test in hohem Maße parallel auf Wafer-Niveau.

Handlungsbedarf und Ziele

Die technische Qualifizierung ist nur ein Teilziel der Forschungsförderung. Wesentlich hinzukommen muss, dass Forschungspartner gemeinsam günstige Bedingungen für zukünftige Geschäfts- und Produktionspartnerschaften am Standort Deutschland legen.

Die Förderung orientiert sich daher an den Kriterien:

- Stärkung der Kooperation zwischen Bauelemente-Herstellern, Zulieferern und Ausrüstungsherstellern unter Einbeziehung leistungsfähiger Forschungseinrichtungen,
- Erhalt und Ausbau erreichter Spitzenpositionen bei Prozessen und Prozessschritten (z. B. in der Waferverarbeitung, Bauelementeskalierung, der Anwendung neuer Materialsysteme, dem online-Prozess Controlling),
- Erhalt und Ausbau international erreichter Positionen in der Ausrüstungs- und Zulieferindustrie, insbesondere in der Waferherstellung und bei den Strukturierungsverfahren bis hin zu Next Generation Lithographien (NGL).

Forschungsthemen

- **Lithographie-Verfahren für den Strukturgrößenbereich bis 70 nm**
 - Forschung und Entwicklung zum (vermutlich letzten neuen) optischen Lithographie-Verfahren mit Laserstrahl-Wellenlänge von 157 nm, voraussichtlich geeignet für funktionsbestimmende Strukturabmessungen auf dem Chip bis herab zu 70 nm. Produktionswirksamkeit um 2006,
 - FuE zu Laserquelle, Optiken einschl. optischer Materialien, Belichtungsgerät (Stepper), Masken, Photo-lacke (Resist) und Waferprozess.
- **Lithographie-Verfahren für den Strukturgrößenbereich 50 nm und darunter (NGL)**
 - Übergang zu einer völlig neuen Generation von Lithographieverfahren, geeignet bis herab zu 30 nm und vorzugsweise für 300 mm-Wafer,
 - International favorisiertes Verfahren: EUV-(Extreme Ultraviolet-)Verfahren mit einer Wellenlänge von 13 nm: Längerfristige FuE-Projekte in zwei Phasen zu allen Verfahrenselementen (Strahlquelle, Abbildungsoptik, Masken, Resist, Waferprozess, Stepper, Metrologie,...); Produktionseinsatz um 2010.
- **Lithographie-Verfahren für den Maskenprozess**
 - E-Beam-(Elektronenstrahl-)Verfahren für die Maskenherstellung und für die Abbildung auch sehr kleiner Strukturen auf dem Chip für Prototypen und kleine Stückzahlen.

■ Innovative Prozesstechnologien

- Reduzierung von Masken- und Technologie-Schritten,
- Materialien für die Prozessgestaltung (Nasschemikalien, Gase, destilliertes Wasser, Precursoren, Slurries, Halbzeuge für Transportbehälter etc.),
- kontaminationsfreie Prozessführung,
- durchgängiges online-Controlling,
- Testen mit hocheffektiven Teststrategien,
- Verfahren zur Technologiesimulation und zur Modellierung des Equipments und der technologischen Prozesse,
- Green Chip & Fab: Sparsamer und umweltverträglicher Umgang mit Rohstoffressourcen, geschlossenen Stoffkreisläufen, Rückgewinnung von Prozesschemikalien aus Abprodukten, umweltverträgliche Entsorgung von Abprodukten, ökologische Recyclingmöglichkeiten von Wafer und Chips.

■ Material- und Schichtsysteme für Sub-100 nm-Technologien

- Stoffe, die direkt im Endprodukt / Schaltkreis wiederzufinden sind (Material für die Metallisierungsebenen, Materialien mit extremen Werten bei den Dielektrizitätskonstanten – low und high Kappa-Dielektrika, Werkstoffe für die Häusung, u. ä.).

■ Verschmelzung von Front- und Backend

- Erzielung optimaler Eigenschaften von Bauelementen in Höchsthäufigkeitssystemen und von Leistungsbau-elementen,
- Übergang zur (parallelen) Bauelemente-Komplettierung und zum Test auf Wafer Level.

■ Dritte Dimension der Integration

- Innovative Technologien und Testverfahren zur Einbeziehung der dritten Dimension in die Integration zur Steigerung von Volumendichte, Parallelisierung von Signalprozessen und dgl.,
- Entwicklung der entsprechenden Ausrüstungen.

4.1.2. Neuartige Schaltungen und Bauelemente

Ausgangslage

In den aktuellen ITRS-Roadmaps wird bezüglich der Verkleinerung der funktionsbestimmenden Strukturabmessungen eine wesentliche Beschleunigung gegenüber Meilensteinen früherer Roadmap-Aktualisierungen festgestellt, während Speicherdichten eher langsamer wachsen. Diese Strukturverkleinerungen unter 50 nm werden bald zu ersten Bauelementen führen, welche über die klassische CMOS-Elektronik hinausgehen. Diese wird durch alternative Technologien für neue Funktionalität ergänzt und erhält die

Fähigkeit quantenelektronische Effekte zu nutzen oder zu unterdrücken.

Aus den Sachverhalten der Roadmaps ist ebenfalls ableitbar, dass neben den wachsenden Anforderungen an Speichergröße und Rechengeschwindigkeit der exponentiell steigende Bedarf an Frequenzen und Bandbreite zu einem weiteren Treiber kostenintensiver Forschungs- und Entwicklungsaufgaben wird, um den weitgefassten Ansprüchen – von höchsten Frequenzen und Speicherdichten, unterschiedlichsten Speicheranforderungen usw. bis zu vergleichsweise hohen Leistungen, verbunden mit Forderungen an Energieeinsparung, Verlustminimierung und niedrigsten Kosten – gerecht zu werden.

Handlungsbedarf und Ziele

Die Forschungsförderung wendet sich hier vor allem folgenden Schwerpunkten zu:

- Superintegrierte Schaltkreise und Systeme der Silizium-Nanoelektronik,
- hochkomplexe Silizium-Schaltkreisstrukturen und -systeme für neue Anwendungsgebiete,
- Magneto- und Spinelektronik,
- Komponenten und Systeminnovation der Silizium-Leistungselektronik.

Besondere Herausforderungen der Forschung sind

- Basis- und Schaltungsstrukturen für neue Speichergenerationen bis in den 64 Gbit-Bereich mit hoher Informationserhaltszeit und System-on-Chip-Fähigkeit,
- Si- Höchstfrequenz-Schaltkreise mit Arbeitsfrequenzen über 100 GHz,
- Innovative Basis- und Schaltungsstrukturen für Informationsverarbeitungs-(Logik-)Schaltkreise höchster Integrationsdichte und niedrigster Verlustleistung,
- Realisierung höchstintegrierter nichtflüchtiger Speicher und Logikbauelemente,
- Neuartige Konfigurationen für das Zusammenwachsen von Sensor-Sub- sowie leistungselektronischen Aktorsystemen mit der Nanoelektronik.

Weitere Stichworte sind: Erhöhung der Transitfrequenz, Verringerung parasitärer Effekte, Integration passiver Bauelemente, hohe Sperr-, geringe Durchlasswiderstände, Erhöhung der Spannungsfestigkeit, Verringerung der Leistungsaufnahme, Einbeziehung (besser Berücksichtigung) quantenelektronischer Effekte, Senkung des Leitbahneinflusses. In jüngster Zeit verstärken sich z. B. Tendenzen, über die klassischen Anwendungsfelder der Siliziumelektronik – wie Computertechnik, Telekommunikation, Automatisierungstechnik – hinaus neue Felder zu erschließen, die be-

reits mittelfristig den Charakter von Massenmärkten erlangen können. Hierzu zählen in nanoelektronische Schaltungen integrierte mikromechanische Si-Schalter sowie die direkte Anwendung von Si-Mikrochipkonfigurationen in der chemischen Reaktionstechnik, in der Biotechnologie oder in der Umweltanalytik.

Auch hier ist die technologische Qualifizierung nur ein Teilziel der Forschungsförderung. Schon im Stadium gemeinsamen Forschens werden – vor allem auf europäischer Ebene – Allianzen entlang der Wertschöpfungskette gefördert, damit

- Kooperationen von Bauelementherstellern und Zulieferern etabliert werden, um einen raschen Wissenstransfer an möglichst viele Umsetzer zu ermöglichen. Unter den Zulieferern sind viele KMU, welche durch die Verbundforschung einen effizienten Zugang zu neuen Technologien bekommen,
- Kooperationen mit Anwendern aus anderen Branchen (Mikrotechnologie, Biotechnologie, Optische Technologien), disziplinübergreifende Verflechtungen ermöglichen und rasch von der Nanoelektronik profitieren.

Forschungsthemen

■ Silizium-Nanoelektronik

- Forschungen zu innovativen Speicherzellen, -konfigurationen und -schaltkreisen, die einen entscheidenden Einfluss (z. B. beträchtliche Verringerung von Zugriffszeiten, Nichtflüchtigkeit (Flash-/EEPROM, ferroelektrische Speicher, SoC-Fähigkeit u. a.) auf zukünftige Entwicklungen in der Nanoelektronik haben, einschließlich zugehöriger, nanoelektronikgebundener Materialforschungen (z. B. neue Materialien für Trench-/Stack-Kapazitäten, für Wort-/Bitleitungen und Kontaktsysteme),
- Forschungen zu neuartigen Interconnections (z. B. verlustärmere Verbindungsleitungen), und Packaging (bestimmend für die Systemperformance; geeignet für sehr hohe Taktraten),
- Forschungen zu neuen, integrationsfähigen Si-Höchstfrequenz-Strukturen mit neuen siliziumkompatiblen Materialien (z. B. Si/SiGe/SiGe:C)-HBT, SiGe-FET, -Resonanzphasentransistor,
- Si-Höchstfrequenzschaltkreissysteme unter Einbeziehung neuartiger passiver Schaltungskomponenten (nichtplanare passive Komponenten „MEMS“) sowie adäquatem Packaging (höchstfrequenztauglich) für die Mobil- und Telekommunikation,
- höchst integrationsfähige Basisstrukturen (aktive Strukturen, neue Interconnections) für Logiksysteme mit dem Potenzial für eine System-on-Chip-Inte-

gration (Informationsspeicherung und -verarbeitung mit verbesserter Integrationsfähigkeit, z. B. Mixanordnungen von Lateral- und Vertikalstrukturen),

- angepasste Schaltungssysteme mit der besonderen Herausforderung eines geringen Energieverbrauches (z. B. neue SOI-Techniken).

■ Nanoelektronische Bauelemente für niedrigsten Energiebedarf

- Forschungen zu integrationsfähigen Basisstrukturen und -konfigurationen im niedrigen Nanometerbereich mit null- und eindimensionalem Ladungsträger-Confinement: z. B. Single-(Few-)Elektron-Transistor, Quantendraht-Transistor, RTDs, Nanoleitungen und Nanoröhren sowie bistabile Molekularschalter,
- Schaltungs- und Verknüpfungssysteme dieser Grundstrukturen, insbesondere mit dem Ziel, eine höchsparsame Informationsverarbeitung zu ermöglichen; Interfacegestaltung und -arten zwischen diesen Nanoschaltungen und der äußeren Si-Mikroelektronik,
- Forschungen zu siliziumkompatiblen, nanometrisch strukturierbaren Materialien (z. B. Nanocluster-FET-Konfigurationen) und Grenzflächen für die Realisierung neuartiger Basisstrukturen mit neuen elektronischen Funktionen.

■ Magnetoelektronik

Die Magnetoelektronik ist eine neue Basistechnologie, welche ein gegenüber anderen Nicht-Silizium-Technologien besonders vielversprechendes Potenzial hat, die Halbleiterelektronik mit neuer Funktionalität zu ergänzen.

- Forschungen zu MRAM (Magnetic-Random-Access-Memory): Die Information d. h. das Bit der Speicherzelle wird durch die relative Magnetisierung der magnetischen Schichten dargestellt und nicht wie beim DRAM durch den Ladungszustand eines Kondensators. Der MRAM hat eine so hohe Speicherdichte wie der DRAM, er ist im Gegensatz zum DRAM nichtflüchtig wie Flash-Speicher und schnell wie der SRAM. Erste MRAM Produkte werden im Jahr 2004 erwartet.
- Forschungen zu Embedded Systems unter Einbeziehung magnetoelektronischer Bauelemente zum Aufbau einer nichtflüchtigen Logik. Außerdem können so Sensoren und Biochips sowie im Vergleich zu herkömmlichen Optokopplern schnellere Magnetokoppler aufgebaut werden. Aufgrund der Nichtflüchtigkeit sind diese Systeme von sehr geringem Leistungsverbrauch und aufgrund der magnetischen Materialien sehr robust. Es ergeben sich Chancen für eine integrierte Multifunktionselektronik besonders in tragbaren Systemen sowie in Robustheit erfordernden Umgebungen.

■ Spintronik

Die bisherige Halbleiterelektronik nutzt nur die elektrische Ladung der Ladungsträger. Aktuelles Forschungsthema ist eine neuartige Elektronik die „Spintronik“, welche neben der Ladung auch noch die Eigenrotation der Ladungsträger, den sogenannten Spin, zur Informationsdarstellung und -auswertung nutzt und damit neue Möglichkeiten bietet. Die Spintronik beruht auf der Möglichkeit der „Spininjektion“ in Halbleitermaterialien, die erst 1999 entdeckt wurde. Durch die Spininjektion wird es möglich, spinpolarisierte Ströme in Halbleitern zu erzeugen, die analog zu polarisiertem Licht in Form der Spinrichtung einen zusätzlichen Freiheitsgrad aufweisen, der als zusätzliche Eigenschaft genutzt werden kann. Obwohl aufgrund der Neuheit des Effekts noch keine konkreten Devices vorliegen, die auf diese neue Eigenschaft zurückgreifen, sind vielfältige Anwendungen denkbar:

- mehrwertiges Logikkonzept auf Halbleiterbasis,
- spintronische Optoelektronik-Bauelemente zur direkten Erzeugung bzw. Wandlung polarisierten Lichts,
- Integration magnetoelektronischer Effekte in Halbleitersysteme,
- Verwendung der vergleichsweise langzeitstabilen, kohärenten Quantennatur des spinpolarisierten Stromes für quantenlogische Operationen anzusehen.

Die gegenwärtig exploratorischen Forschungen zur Spintronik sollen bis 2005 die Grundlage schaffen, oben genannte theoretische Anwendungsoptionen in ihrer tatsächlichen Tragfähigkeit abzuschätzen.

■ Dreidimensionale Schaltkreiskonfigurationen und Basisstrukturen

- Forschungen zu neuartigen, integrationsfähigen vertikalen Transistorstrukturen mit geringsten Parasitics,
- Vertikalintegration von Schaltkreis-Subsystemen (z. B. vertikale Systemintegration mit gedünnten Chips) mit vertikalen Interconnections, um Volumendichte, Parallelisierung von Signalprozessen und dgl. wesentlich zu steigern und konventionelle Ansätze zu übertreffen.

■ Bauelemente und Strukturen mit „embedded nonelectronic systems“ und „nonelectronic interfaces“

- Forschungen zu nanoelektronischen Basisstrukturen mit integrierten Wandlern für die Umwandlung nichtelektrischer in elektrische Größen (z. B. Direktwandlung elektrochemisches Potenzial in Steuerpotenzial für FET's),
- vertikale Systemintegration von nanoelektronischen mit mikrooptischen und -opto-elektronischen, mikroakustischen, mikromagnetischen, mikromecha-

nischen bzw. mikro-fluidischen Komponenten, z. B. durch „Silicon direct bonding“ (SDB),

- Forschungen zu systemangepassten, silizium- und wandlerkompatiblen Materialien.

■ **Innovative Aufbau- und Verbindungstechniken (z. B. für smart cards und smart labels)**

- Forschungen zu innovativen Lösungen für in Laminate/Kunststoffe eingebettete Chips und Chipsysteme für Massenanwendungen (z. B. „intelligente“, funk-abfragbare Produkt-Labels, „Body Area Networks“),
- neue Lösungen von kostengünstigen Aufbau- und Verbindungstechniken für SoP-(MCM)Systeme für Allgemein-, Hochtemperatur- und Höchsthochfrequenzanwendungen,
- Mögliche neuartige optische Inter- und Intra-Chip-Verbindungen werden gezielt untersucht.

■ **Innovative Si-Halbleiter-Leistungselektronik**

- mit neuen Topologien, verbesserten Leistungsparametern (z. B. hochtemperaturgeeignet), Kopplungen mit Niedrigleistungs-Signalverarbeitungs- und -Speicherelektronik, minimierten Verlusten (z. B. Nutzung von nanometrischen Substrukturen) und hoher Eigensicherheit,
- Forschungen zu adäquaten Packaging-/Bondmaterialien (z. B. hochtemperaturfeste Packagingmaterialien, Kupfer-Bondsysteme).

■ **Mikroelektronische Bauelemente, die auf neuen Basismaterialien beruhen**

- z. B. Polymere, amorphe/poly-/mikrokristalline Si- oder Si-Materialkomposite insofern wie für Massenanwendungen geeignet sind.

4.1.3. Chipsysteme und Entwurfsmethodik

Ausgangslage

Die Chipsysteme sind die eigentlichen Produkte der Halbleiterindustrie. Mit ihnen erzielt die Halbleiterindustrie ihre Umsätze und Verkaufserlöse. An ihnen werden im globalen Wettbewerb einerseits die Produktivität und Effektivität eines Halbleiterstandortes gemessen, andererseits können sich die Anwender mit ihren elektronischen Systemen von der Konkurrenz abheben. Chipsysteme wirken somit sowohl auf die System- als auch auf die Halbleiterindustrie.

Bereits heute gehört der Chipentwurf zu einem der am meisten die Entwicklung hemmenden Flaschenhälse und Roadblocker. Deshalb sind hier einerseits große Anstrengungen notwendig, andererseits auch große Chancen vorhanden. Ein bedeutendes Risiko liegt in der Erkennung der

richtigen Entwicklungstrends: man darf praktisch keinen Trend unbeachtet lassen. Hier kann staatliche Förderung für FuE in hohem Maße den Standort unterstützen.

Europa hat für diese anwendungsgetriebene Entwicklung eine sehr gute Ausgangsposition. Die deutsche Industrie ist führend im Bereich der Systemarchitekturen (System on Chip), besonders in den Bereichen Telekommunikation, Chipcard und Automobil. Schwächen zeigen sich noch in der schnellen Umsetzung von Ideen in Produkte. Ursache sind oft fehlende Werkzeuge, insbesondere für den automatisierten Chipentwurf. Um die führende Position auf den genannten Gebieten zu halten, neue Gebiete als Erster zu erschließen und in weiteren Bereichen die Spitze zu erobern, sind zwei Förderansätze notwendig:

- Steigerung der Entwurfsproduktivität und deutliche Verbesserung der Designfähigkeiten durch Automatisierung,
- Entwicklung neuer Ansätze in der Gestaltung von Chipsystemen.

Insgesamt sind die Voraussetzungen zu schaffen, ganze Systeme einschließlich ihrer Sensoren, Aktoren und Anzeigen mit ihren unterschiedlichsten technischen Facetten auf einem Chip integrieren zu können. Diese neuen und preisgünstigen „Superchips“ schaffen letztlich die Voraussetzung für eine ubiquitäre Verbreitung der Elektronik.

Handlungsbedarf und Ziele

Mit der Entwicklung der technologischen Möglichkeiten ergeben sich neue Herausforderungen an die Entwicklung von Schaltkreisen, die sowohl technologisch als auch systemtechnisch bedingt sind:

- Mit der Strukturverkleinerung und der Größenzunahme der Chips überschreitet die Transistorzahl pro Chip die Milliardenengrenze,
- die Frequenz steigt in Bereiche, die eine Berücksichtigung der Wellenausbreitung der Signale verlangen,
- das Gehäuse wird zum wesentlichen Bestandteil und beeinflusst Funktion und Parameter,
- die Produktionszyklen im Systembereich verkürzen sich,
- die Vielfalt der zu integrierenden Funktionen wächst rapide,
- immer neue Industriebereiche erkennen den Nutzen der Mikroelektronik für ihre Produkte und bringen neue Anforderungen in die Chipsysteme ein.

Die Förderung zu Chipsystemen und Entwurfsmethodik verfolgt auch hier nicht allein das Teilziel der technischen Qualifizierung. Folgende Teilziele treten hinzu:

- Unterstützung des Ausbaus der führenden Stellung Europas bei Systems on Chip,

- die Erschließung des Innovationspotenzials neuer Systeme am Standort,
- eine stabile Kooperation von Industrie und Wissenschaft bei der schnellen Umsetzung von Ideen und Ergebnissen aus der Grundlagenforschung,
- eine Bündelung und Stärkung der EDA-(Electronic Design Automation)Aktivitäten,
- Beherrschung der Designfähigkeit bis hin zum Entwurf von Superchips.

Mit den heutigen Entwurfsmethoden einen Superchip z. B. des Jahres 2008 entwerfen zu wollen, ist von der Komplexität und von den Kosten her vergleichbar mit der Entwicklung eines Großraumflugzeuges. Erschwerend wirken zusätzlich die extrem kurzen Zykluszeiten in der Mikroelektronik. Das Forschungspotenzial dieser Aufgabe ist enorm: die jährliche Steigerung der Produktivität im Entwurf muss über Jahre hin bis zu 100 % betragen.

Forschungsthemen

An die neuen Chipsysteme werden die vielfältigsten und teilweise widersprechende Anforderungen gestellt:

- Integration nichtelektronischer Komponenten,
- niedriger Energieverbrauch (low power),
- hohe Spannungen und Ströme für die Leistungselektronik,
- niedrige Spannungen und Ströme für die Informationselektronik (low voltage),
- Gehäuse und Chip als Gesamtsystem betrachten,
- Echtzeit-Software beeinflusst die Chiparchitektur,
- hohe Frequenzen (Giga-Technik) und Bitratenverarbeitungsraten bis in den Terabereich (TeraBit-Systeme),
- drastische Erhöhung der Zuverlässigkeit.

Mit den bisherigen Entwurfsmethoden und der bisherigen internen Gestaltung der Chips sind die Herausforderungen des neuen Jahrzehnts nicht mehr beherrschbar. Der Schaltkreisentwurf muss sich zum zuverlässigen, anwendungsorientierten, vom System zum Layout durchgängigen und hochgradig automatisierten Entwurf entwickeln. Es werden vollkommen neue, innovative Ansätze gesucht, woraus sich folgende Aufgaben ergeben:

■ Chiparchitektur und Schaltungstechnik

- neue digitale und analoge Chiparchitekturen zur effektiven Umsetzung innovativer Algorithmen der Signal- und Datenanalyse,
- neue Schaltungstechniken zur Senkung des Energieverbrauchs und Erhöhung der Verarbeitungsgeschwindigkeit (u. a. high speed CMOS),
- Sensoren, Aktoren und Schnittstellen zwischen optischer Signalübertragung und elektronischer Signalverarbeitung zur Integration in geschlossene Systeme.

■ Neue Chipfunktionen

- Systemplattformen zur Bereitstellung flexibel anpassbarer Macroblöcke für verschiedene Anwendungsszenarien sowie zur Standardisierung komplexer Systeme (u. a. Intellectual Properties),
- Integration bisher getrennter Subsysteme für in die Zukunft weisende Anwendungen (z. B. Chipsysteme für die personengebundenen I-centric-Netze),
- Anzeigetechniken zur Überwindung des Widerspruchs zwischen kleinem Volumen und großem Bild (z. B. flache Bildschirme, Mikrolinsen).

■ Erfassung und Handling der Chipkomplexität im Entwurf

- Entwicklung neuer Entwurfsmethoden und -schritte zur Handhabung der Giga-Komplexität mit ihren Milliarden von Transistoren, u. a. gilt es die hohe Zuverlässigkeit im Chipentwurf durch die Entwicklung neuer und besserer Formen der Analyse, Synthese, Verifikation und Test zu bewahren,
- Applikationsspezifische Entwurfsprozesse, um unterschiedlichsten Anforderungsprofilen gerecht zu werden,
- Vereinigung von elektronischer, optischer, mechanischer und fluider Spezifikation einschließlich der dazugehörigen Echtzeit-Software zur gesamtheitlichen Betrachtung übergeordneter Systeme unter der Einbeziehung der lokalen Umgebungseinflüsse.

■ Erschließung neuer Technologien

- Modellbildung und neue Simulationsverfahren, wobei zunehmend neue physikalische Wirkmechanismen einbezogen werden müssen,
- Einbeziehung und eventuell Nutzung parasitärer Effekte in den Entwurfsfluss bzw. für den Chipentwurf.

■ Abgestimmte firmenübergreifende und internationale Zusammenarbeit

- bei Tools und Methodiken ist notwendig, um den Entwurf zu automatisieren und die Designfähigkeit erhöhen zu können.

4.2. Softwaresysteme

Der Bereich der Softwareentwicklung in Deutschland zeichnet sich durch eine hohe Dynamik in einem ausgesprochen breiten Feld von Unternehmen aus, die Softwareprodukte vermarkten oder die Softwareentwicklungen für ihre eigenen Anwendungen durchführen. Insgesamt gibt es etwa 10.500 Unternehmen in der Softwareentwickelnden Primärbranche und rund 8.700 Unternehmen in den wichtigsten Sekundärbranchen Maschinenbau, Elektrotechnik, Fahrzeugbau, Telekommunikation und Finanzdienstleistungen.

Die Primärbranche ist durch junge Unternehmen gekennzeichnet. Zwei Drittel der Unternehmen dieser Branche wurden nach 1990 gegründet. Darunter sind auch viele Ausgründungen durch Mitarbeiter aus Universitäten und Forschungseinrichtungen, aber auch viele Ausgliederungen von Softwareabteilungen aus etablierten Unternehmen.

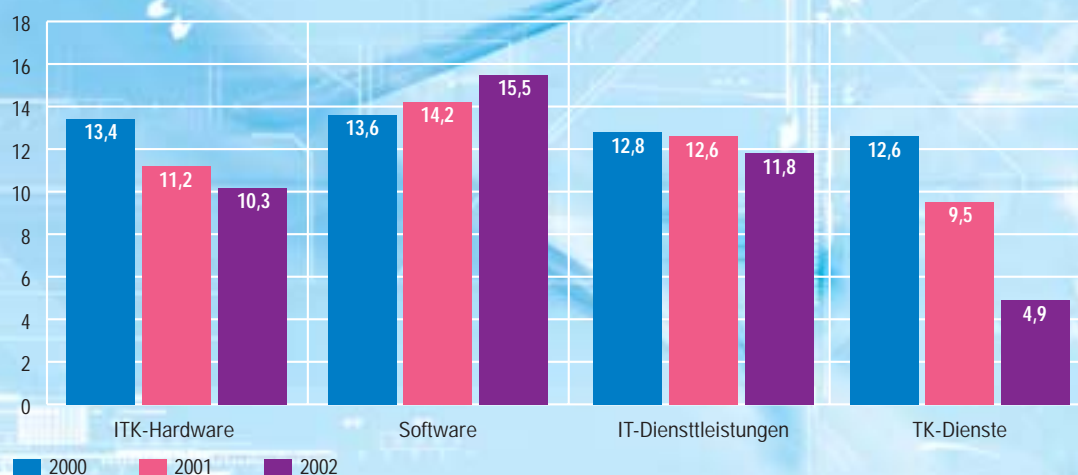
Der deutsche Markt für Softwareprodukte betrug im Jahr 2001 ca. 16,5 Mrd. Euro, der europäische Markt etwa 57 Mrd. Euro. Er hat im Vergleich mit anderen Bereichen des Informations- und Kommunikationstechnologiemarkts die höchsten Steigerungen. Die Bruttowertschöpfung durch Softwareentwicklungen bzw. -anpassungen in den Primär- und Sekundärbranchen beträgt in Deutschland derzeit etwa 25 Mrd. Euro, das Marktvolumen der Produkte, die von der Softwareentwicklung abhängen, kann für alle Primär- und Sekundärbranchen auf etwa 500 Mrd. Euro geschätzt werden.

Da die Softwarelandschaft in Deutschland im Wesentlichen aus kleinen und mittleren Unternehmen be-

steht (98 % der Unternehmen der Primärbranche haben weniger als 200 Mitarbeiter) und da die Innovationszyklen in diesem Bereich kürzer als in allen hardwareorientierten Gebieten sind, müssen die Fördermaßnahmen den Besonderheiten dieses Bereichs Rechnung tragen.

- Gefördert werden in der Regel Verbundprojekte von Forschungseinrichtungen, Universitäten und Unternehmen der Wirtschaft, insbesondere KMU. Die Verbünde können auch durch Unteraufträge der verschiedenen Partner zustande kommen.
- Ausgangspunkt jedes Forschungsprojekts soll möglichst eine konkrete Fragestellung aus der Anwendung sein, die mit Forschung und Entwicklung gelöst werden kann. Der Anwender soll im Projekt von Anfang an, möglichst federführend, beteiligt sein und sich kompetente Wissenschaftspartner für das Konsortium suchen. Damit soll die gegenwärtig zu beobachtende Kluft zwischen Softwaretechnikforschung in der Informatik und Softwareentwicklung in technischen und nicht technischen Anwendungsbereichen geschlossen werden.
- Es wird ein sorgfältig strukturiertes und straffes Projektmanagement verlangt. Ein Konzept zur Know-how-Akquisition und zum Know-how-Transfer soll Bestandteil des Antrags sein, insbesondere soll darin dargestellt werden, wer nach Abschluss des Projekts das Know-how in dokumentierter Form vorrätig hat (in der Regel Aufgabe der Forschungseinrichtung).
- Die Förderdauer der Vorhaben soll die Dynamik des Softwaremarkts berücksichtigen und zwei bis drei Jahre betragen. Für langfristige interdisziplinäre visionäre Projekte darf sie auch vier bis acht Jahre betragen.

Bild 4. Westeuropäischer IKT-Markt nach Segmenten



Marktvolumen 2001: 597 Mrd. €

Quelle: EITO 2001

4. Forschungsbereiche

- Im Teilbereich „Software Engineering“ werden besondere Maßnahmen zur Verfahrensvereinfachung bei der Antragstellung und bei der Bewilligung (nach Vorliegen vollständiger Unterlagen) eingeführt, die dazu führen sollen, dass die Zeit für die Antragstellung und die Zeit für die Bewilligung jeweils zwei Monate nicht übersteigt – mittelfristiges Ziel ist eine Bearbeitung innerhalb eines Monats in der Mehrzahl der Fälle. Der Teilbereich „Software Engineering“ wird gesondert ausgeschrieben.
- Um kritische Situationen beim Wechsel von Personal zu vermeiden, soll der Arbeitsaufwand pro Forschungsgruppe möglichst nicht unter 2 Mannjahren (pro Jahr) liegen.

4.2.1. Software Engineering

Ausgangslage

Software realisiert Funktionen in Produkten und unterstützt Dienstleistungen und betriebliche Prozesse aller Art. In nahezu allen Branchen ist die Kompetenz zur ingenieurmäßigen Entwicklung von zuverlässiger, adaptierbarer und dabei kostengünstiger Software zur entscheidenden Kernkompetenz geworden. In vielen technischen Bereichen ist das Software Engineering aufgrund der Gewichtsverschiebung von der Hardware hin zur Software auf dem besten Wege zur „Produktionstechnik des 21. Jahrhunderts“ zu werden.

Die Chancen Deutschlands als führender, Produktionsstandort für Software in Primärbranchen der IT-Industrie (z.B. Softwarehäuser) und Sekundärbranchen (z.B. Maschinenbau-, Elektrotechnik-, Kraftfahrzeug-, Telekommunikationsindustrie, Banken und Versicherungen) sind

sehr gut. Hier kann auf der Basis einer langen Ingenieurtradition eine hohe Anwendungscompetenz in den Sekundärbranchen mit einer führenden Produktionskompetenz zur Erstellung qualitativ hochwertiger, kundenangepasster Software-Speziallösungen und der besonderen Fähigkeit zum Systemdenken kombiniert werden.

Mit Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung wurden in der Vergangenheit beachtliche Erfolge erzielt, z. B. in der Entwicklung von CASE-Systemen. Die Kernaufgaben liegen zukünftig primär im Bereich „Embedded Systems“. Hier wird es darauf ankommen, von Einzelsystemen zu vernetzten Systemen zu kommen und danach zu einem komplexen Netz aller IT-Module in einem System.

Handlungsbedarf und Ziele

Zur nachhaltigen Positionierung Deutschlands als führender Anwendungssoftware-Standort bedarf es gezielter Anstrengung im Bereich der Forschung, aber auch einer Intensivierung forschungsnaher Qualifikation von Personal. Diese Anstrengungen müssen sowohl auf die Spitze wie auch auf die Breite gerichtet sein.

In der Spitze muss – aufbauend auf existierenden Forschungszentren – ein erheblicher Ausbau der wissenschaftlichen Infrastruktur im Bereich des Software Engineering an Hochschulen und Forschungseinrichtungen vorgenommen werden.

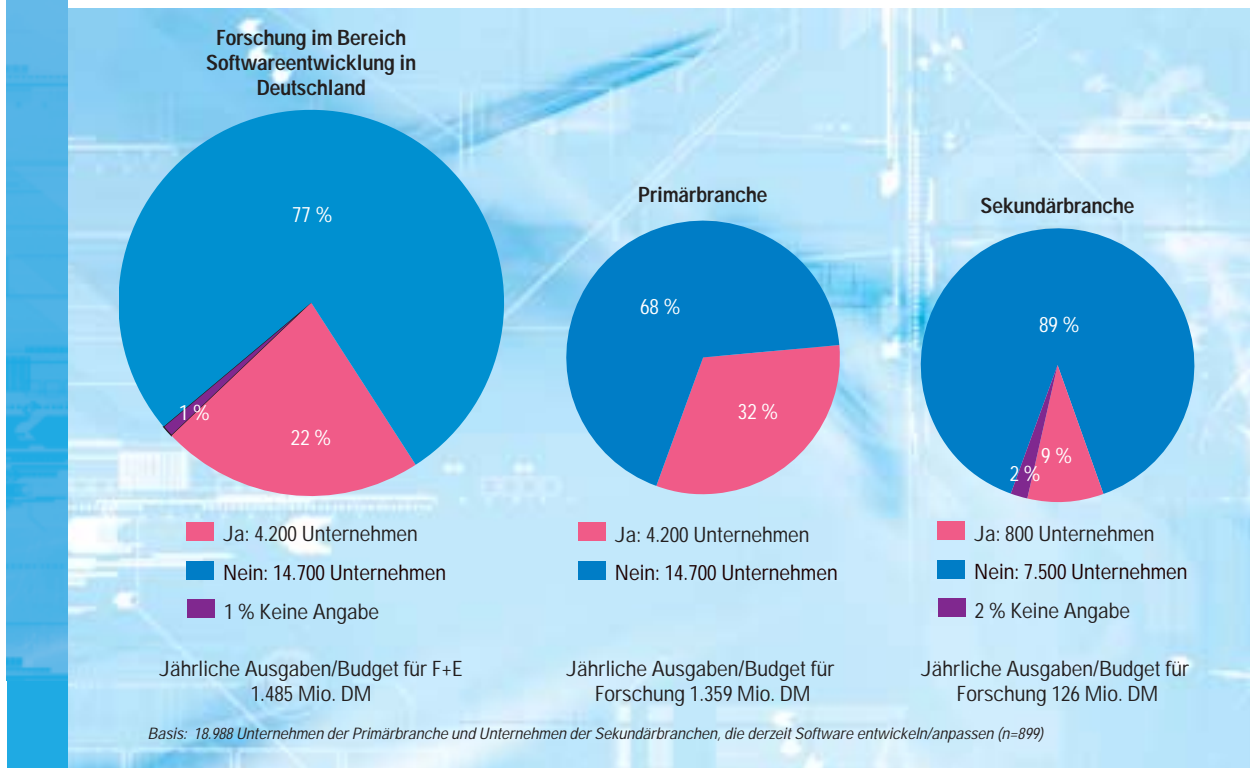
In der Breite muss die Umsetzung neuester Softwaretechniken in die Masse der deutschen Firmen (bisher setzen nur 30 % der Unternehmen systematische Prozesse bei der Softwareentwicklung ein) sowie die dauerhafte Bereitstellung einer genügenden Anzahl von Soft-

Bild 5. Software und Bruttowertschöpfung

Softwareentwicklung trägt ca. 50 Mrd. DM zur Bruttowertschöpfung bei			
	Mrd. DM	Anteil	Anzahl Unternehmen
Bruttowertschöpfung 1999 gesamt*	3.612,62	100 %	2.738 Tsd.
Softwareentwicklung	50,02	1,38 %	20 Tsd.
Primärbranche	37,28	1,03 %	11 Tsd.
Sekundärbranchen	12,73	0,35 %	9 Tsd.
Zum Vergleich*:			
Land-, Forstwirtschaft, Fischerei	42,77	1,18 %	—
Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe	890,27	24,64 %	390 Tsd.
Handel, Gastgewerbe und Verkehr	621,47	16,95 %	807 Tsd.

*Quelle: Statistisches Bundesamt 1999; Basis: 19.228 Unternehmen (n = 920)

Bild 6. Unternehmen und Softwareentwicklung



warentwickeln unterschiedlichster Qualifikation gesichert werden.

Die Produktivität bei der Softwareentwicklung muss kurz- bis mittelfristig um eine Größenordnung gesteigert werden, bei gleichzeitiger Steigerung der Qualität der entwickelten Software. Dazu ist neben dem Paradigma der ingenieurmäßigen Softwareentwicklung („Software Engineering“), das vorwiegend den Prozess der Leistungsgestaltung betrifft, das Paradigma der „Industriellen Softwareproduktion“, welches auf die Leistungserbringung abzielt, zu forcieren.

Für die Sicherheit in der Softwareentwicklung und auch für die Sicherung von IT-Systemen müssen neue integrierte Lösungen erforscht und entwickelt werden.

Schon heute haben Probleme der Softwareentwicklung (Kostensteigerungen, ein nicht zu befriedigender Personalmangel, kostspielige Fehlentwicklungen) eine auf nationaler und internationaler Ebene besorgniserregende Dimension erreicht. Die in den nächsten Jahren erwartete Hardwareentwicklung (etwa eine um mehr als drei Größenordnungen gesteigerte Prozessorkomplexität) wird die Situation weiter verschärfen. Um das Ziel der kostengünstigen Erzeugung effizienter, robuster und flexibler Softwaresysteme zu erreichen, müssen auch grundlegende neue, z. B. bioanalogue Lösungswege erforscht werden.

Forschungsthemen

Am Beispiel konkreter Fragestellungen aus der Anwendung/ Technik sollen folgende FuE-Themen gefördert werden:

■ Korrektheit, Sicherheit und Zuverlässigkeit von Softwaresystemen

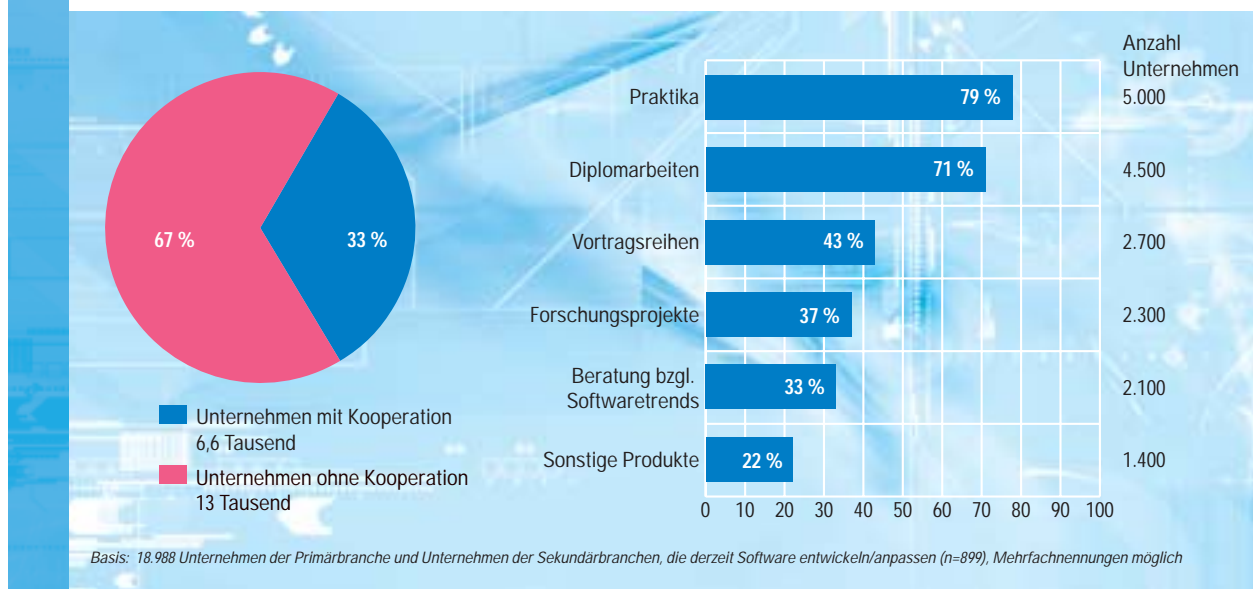
Prozesse, Methoden und Werkzeuge zur Qualitätsverbesserung sicherheitskritischer Software und eingebetteter Systeme und Techniken der:

- Integration von Methoden der formalen Programmentwicklung (formale Spezifikation, Transformation und Verifikation, durchgängiges Referenzmodell),
- Entwicklung verifizierbarer Anwendungssoftwarekomponenten,
- System-/ Softwareanforderungsanalyse (Requirements Engineering),
- Entwicklung von echtzeitfähigen Softwaresystemen.

■ IT-Sicherheit, Security

- Innovative integrierte IT-Sicherheitssysteme (sichere Erstellung, sichere Installation, sichere Konfiguration sowie sicherer Betrieb von IT-Systemen; Persönlichkeitsschutz und Vertrauenswürdigkeit),
- Sicherheit bei neuen IT-Methoden/ Techniken wie Ubiquitous Computing.

Bild 7. Kooperation Hochschule – Forschungseinrichtungen



■ Produktivitätserhöhung mittels Komponentenorientierung und Wiederverwendung

Prozesse, Methoden und Werkzeuge zur Produktivitätserhöhung durch:

- Prozessgestaltung und Prozessmanagement zur Erbringung von Qualität und Produktivität,
- generative Programmierung,
- Komponenten-basierte Softwareentwicklung auf der Basis langlebiger Architekturen,
- systematische Erstellung rationeller Software-Varianten (Produktlinienansätze),
- Reengineering und Wartung von Altsoftware (Legacy Software),
- und Skalierbarkeit von Software in heterogenen Anwendungssystemen.

■ Entwicklung von Softwaresystemen in (räumlich) verteilten Umgebungen

Entwicklung und Spezialisierung der Softwaretechnik für die räumlich verteilte Produktion von Software durch:

- Prozessgestaltung und Prozessmanagement; adaptive Modellierungs- und Spezifikationsverfahren,
- arbeitsteilige Entwicklungsmethoden (z. B.: Inspektionen), deren Kommunikationserfordernisse den Einsatz in verteilten Teams zulassen,
- Methoden und Werkzeuge für die Unterstützung früher kreativer Phasen kooperativer Systementwicklung.

■ Wissensmanagement in der Softwareentwicklung

Weitere Verbesserung der Kommunikation und des Wissensaustausches zwischen den Entwicklern durch:

- Methoden zur Wissensakquisition, -speicherung und

zum -transfer in der Softwareentwicklung,

- Methoden und Werkzeuge zum Knowledgemanagement in der Softwareentwicklung,
- Aufbereitung und Repräsentation von Informationsinhalten (Contentware Engineering),
- lernende Systeme, Selbstadaptivität von Softwaresystemen.

■ Empirische Erprobung von Techniken, Methoden und Werkzeugen auf ihre Eignung für unterschiedliche Anwendungsgebiete

■ Erprobung neuer Verfahren in der Softwareentwicklung

- Adaptive Softwaresysteme, proaktive Software,
- Aspektorientierte Softwareentwicklung, selbstorganisierende Softwaresysteme, Interoperable Software.

■ Auf- und Ausbau von Kompetenznetzwerken zur Softwaretechnologie

Wichtige Anwendungsgebiete

- Mensch-Maschine-Schnittstellen, die auf die Bedürfnisse der Anwender zugeschnitten sind (Human Centered Engineering),
- heterogene Netzinfrastrukturen mit skalierbaren, adaptierbaren Leistungen/Interoperabilität (Network Engineering),
- Computer-gestützte Modellierung, Simulation und Experimentieren als Ersatz für ‚Real-World‘-Experimente (Virtuelle Software-Engineering-Labors),
- Software in Produkten (Embedded Software, z. B. Automobil, Mobilfunk, Avionik, Haushaltstechnik, Maschinenbau, Robotik),

- Software zur Unterstützung von betrieblichen Prozessen aller Art (z. B. Produktion, Workflow, Beschaffung),
- Software zur Unterstützung von Dienstleistungen (z. B. Versicherungen, öffentliche Verwaltung, Gesundheitswesen, Medien, Beschaffung, Planung und Logistik),
- Hochleistungsdatenverarbeitung und -übertragung großer Datenmengen (Data Engineering).

4.2.2. Höchstleistungsrechnen und Grid Computing

Ausgangslage

In den vergangenen 10 Jahren hat sich in Deutschland durch die Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung eine für das Höchstleistungsrechnen günstige technische, wissenschaftliche und organisatorische Infrastruktur gebildet, von der die Wirtschaft zunehmend profitiert. Die Erschließung von Anwendungen der Wirtschaft für das Höchstleistungsrechnen ist im numerischen Bereich (international) relativ weit gediehen. Im nichtnumerischen Bereich sind in den nächsten Jahren enorme breitgefächerte Anforderungen zu erwarten. Ein Nachholbedarf besteht noch im Ausbildungsbereich. Höchstleistungsrechner werden künftig fast ausschließlich aus gekoppelten homogenen SMP-Knoten (shared memory Multiprozessoren) bestehen. Damit wird Höchstleistungsrechnen zunehmend zum ClusterComputing, wobei die Cluster durch sukzessive Updates im Laufe der Zeit

automatisch heterogen werden. Grid Computing wird als Konsequenz moderner Rechnerarchitekturen, leistungsfähiger Datennetze und verteilter Arbeits- und Programmorganisationen zunehmend eine wichtige Rolle im High Performance Computing (HPC) spielen.

Software für Höchstleistungsrechner in verteilten Systemen ist und bleibt weltweit die kritische Ressource. Das betrifft alle Bereiche – von mathematischen Verfahren bis hin zur Management-Software in heterogenen Umgebungen. Hersteller werden zukünftig mit den Rechnern nur Basiskomponenten der Systemsoftware liefern.

Erzielte Leistungen für reale Anwendungsprogramme im HPC liegen in vielen Fällen bis zu 80 % unter der theoretischen Spitzenleistung der Superrechner.

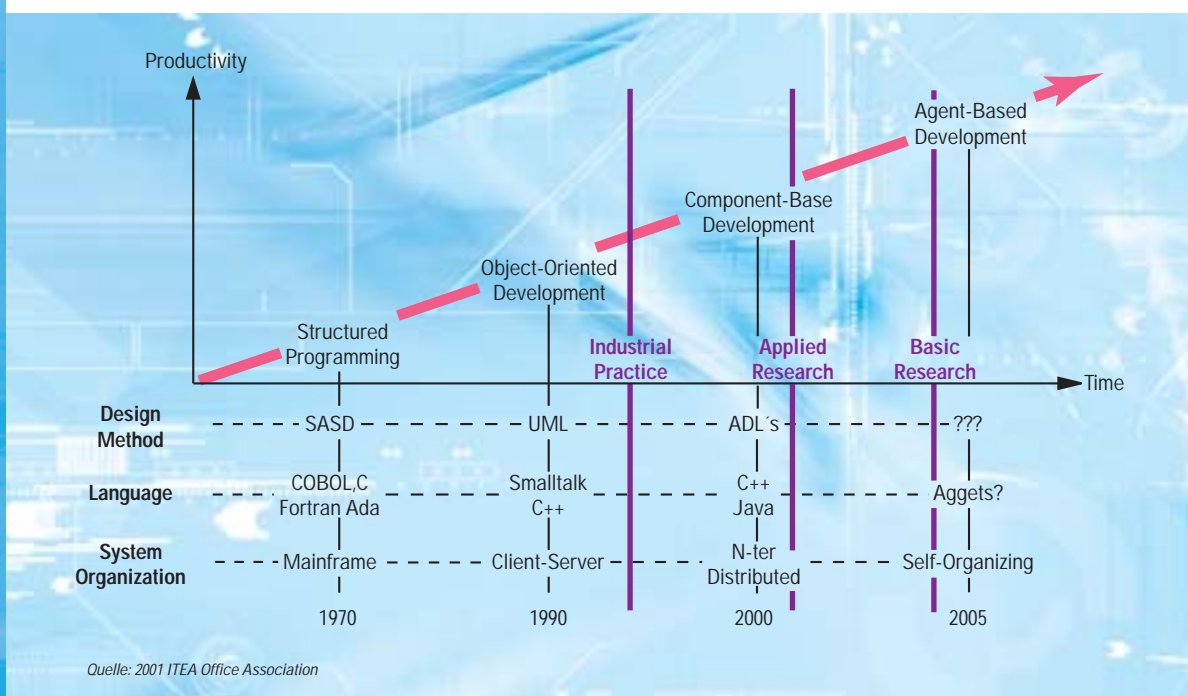
Handlungsbedarf und Ziele

Der gezielte Ausbau der Supercomputer-Zentren nach dem Votum des Wissenschaftsrats „Empfehlung zur zukünftigen Nutzung von Höchstleistungsrechnern“ ist unabdingbar für den Erhalt der Kompetenz in dem für die deutsche Wissenschaft und Wirtschaft wichtigen Hochtechnologiebereich.

Für den Zusammenschluss deutscher Supercomputer- und Kompetenzzentren ist im „High-End-Bereich“ ein dediziertes Breitband-Verbundnetz mit Dienstgütegarantie notwendig.

Eine Stabilisierung und Weiterentwicklung der Software-Kompetenz für das HPC im internationalen Ver-

Bild 8. Roadmap; Software-Paradigmenwechsel



gleich ist für Deutschland ohne eigene Hardwareentwicklung eminent wichtig. An Verbundvorhaben sollen verstärkt Softwarehäuser beteiligt werden, um FuE-Projekt-ergebnisse in Softwareprodukte umsetzen zu können, da im HPC- und Simulationsbereich deutsche Software-Produkte noch eine zu geringe Rolle spielen.

Grid-Technologie muss im täglichen anwendungsbezogenen Einsatz und nicht nur als Prinzipdemonstration erprobt werden. Für neue Anwendungsbereiche fehlt weitgehend eine leistungsfähige Middleware. Grid Computing entwickelt sich gleichermaßen im wissenschaftlichen und industriellen Bereich und stellt damit hohe Anforderungen an den Technologietransfer.

Die in Deutschland vorhandene wissenschaftliche und Anwenderkompetenz zum High Performance und Grid Computing soll zusammengeführt und stärker gebündelt werden. Der Kompetenzerhalt ist durch Maßnahmen der Aus- und Weiterbildung dauerhaft zu sichern.

Im Bereich der Nichtnumerik sind neue breite Anwendungsgebiete durch die Entwicklung geeigneter Methoden und Verfahren zu erschließen (Data Mining, Datenbankanwendungen, intelligente Bildverarbeitung, kombinatorische Methoden und Optimierung, nichtnumerische Simulation).

Forschungsthemen

■ Numerische Verfahren und Stabilität

- Es ist zum Teil unklar, wie sich heutige Algorithmen bei 100 Tflops-Anwendungen, d. h. extremen numerischen Simulationen verhalten. Es soll daher untersucht werden, inwieweit mathematische Modellbildung und numerische Verfahren Einfluss auf die Stabilität von Ergebnissen haben. Validierungs- und Verifikationsmethoden sind dazu notwendig.
- Da die Schere zwischen der Steigerung der CPU-Leistung und der Speicherzugriffsleistung immer größer wird, sollen Methoden entwickelt werden, um die Speicherzugriffe zu reduzieren.

■ Cluster und Grid Computing

- Bei der Programmierung großer Clustersysteme und für das Grid Computing sollen einheitliche Programmiermodelle, systemübergreifende Programmierumgebungen, Werkzeuge für die Programmentwicklung und -optimierung, Software-Bausteine für Anwendungen sowie neue Programmierkonzepte zum heterogenen Rechnen (funktionale Zerlegung, Abbildungsmethoden auf das Grid) unterstützt werden. Wichtige FuE-Aufgaben werden Untersuchungen zur Architektur gekoppelter Systeme und zur Sicherung der Interoperabilität systemübergreifender Kompo-

nenten (Integration unterschiedlicher Ansätze) sein. Des Weiteren sollen Untersuchungen zu Clusterarchitekturen für Echtzeitanwendungen gefördert werden.

- Die Vernetzung von Höchstleistungsrechnern in Supercomputer- und Kompetenzzentren bleibt einer der wichtigsten Bestandteile des Grid Computing. Hier sind effiziente und für die Anwender intuitiv bedienbare Softwarelösungen weiter zu entwickeln und als Standards zu etablieren.
- Für eine breite Nutzung des Grid sind von applikativer Seite wichtige Anwendungen „gridfähig“ zu machen und mit fortschrittlichen Netztechniken zusammenzuführen, um aus Grid Computing ein Werkzeug für den täglichen Einsatz zu machen und dessen Leistungspotenzial zu erschließen.

■ Datenmanagement

- Effiziente Methoden des Managements zur Bereitstellung und Bearbeitung großer Datenmengen zwischen Elementen von Superrechnern und auch in verteilten Systemen sollen gefördert werden.
- Neue leistungsfähige parallele DataMining-Verfahren von Texten, Bildern, Tondokumenten, Mustern und Web-Seiten für große Datenbestände und Datenbanken sollen unterstützt werden. Dazu gehören neue Systemansätze für verteilte Datenbankarchitekturen mit paralleler Verarbeitung.

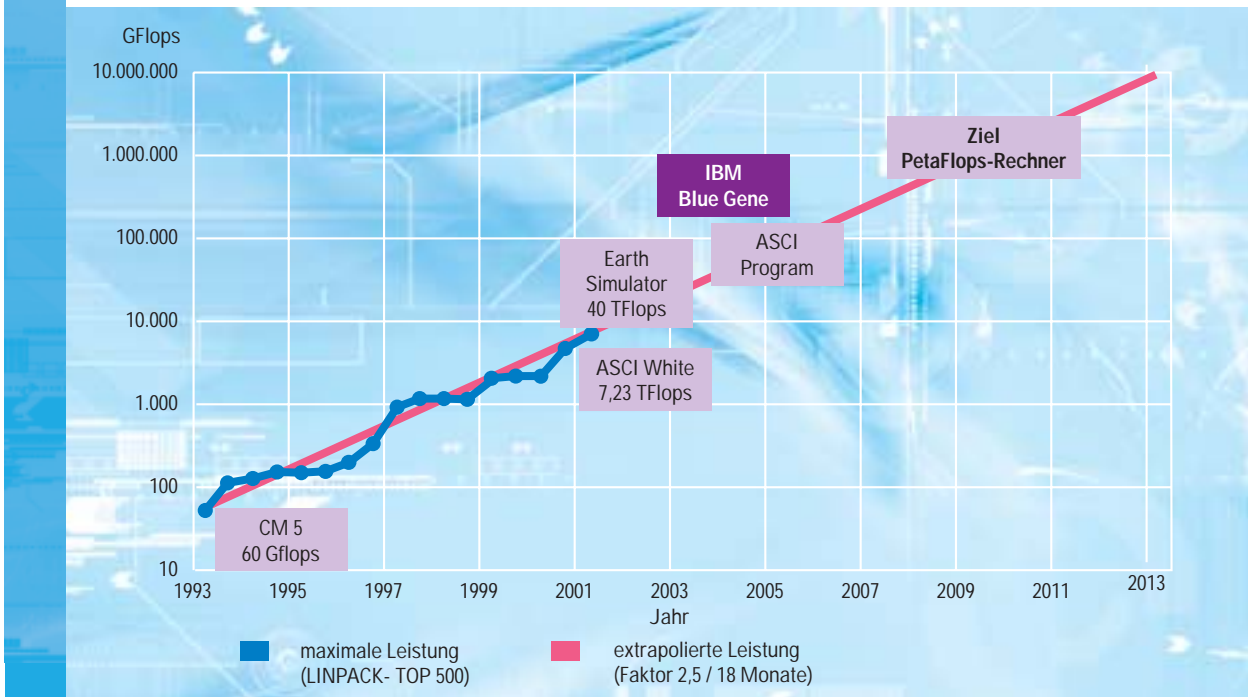
■ Parallele Methoden der Nichtnumerik

- Um den Einsatz paralleler Optimierungsverfahren in Industrie und Wirtschaft, in Banken und Versicherungen weiter voranzubringen, sollen wiederverwendbare parallele Libraries mit Standardoptimierungsalgorithmen für Probleme der Logistik und Produktion entwickelt werden. Bedeutsam sind auch Simulationsmethoden für diskrete Probleme wie Verkehrssimulation.
- Bei technischen und naturwissenschaftlichen Problemen sollen parallele Monte-Carlo-Verfahren und parallele Algorithmen für komplexe Computer-Algebra-Probleme gefördert werden.
- Numerische Simulation soll mit nichtnumerischen Verfahren zur Analyse von Simulationsergebnissen (etwa durch Data Mining) kombiniert werden.
- Neue Methoden des HPC sollen für die Biotechnologien entwickelt werden.

■ Verlässliches Höchstleistungsrechnen

- Mehrebenenmodelle der Verlässlichkeit,
- Technisch/Organisatorische Gesamtkonzepte und Betreibermodelle,
- Verfügbarkeitsoptimierung.

Bild 9. Erwartete Leistungsentwicklung bei Supercomputern



■ Kompetenzzentren, Kompetenznetzwerk

- Die vorhandenen Kompetenzzentren für numerische Anwendungen sollen vernetzt und um ein bis zwei Kompetenzzentren für die Nichtnumerik ergänzt werden.

Wichtige Anwendungsgebiete

- Das größte Anwendungspotenzial für numerische Fragestellungen liegt nach wie vor im naturwissenschaftlichen Bereich (Physik – Festkörper- und Vielteilchenphysik, Chemie – Molekulardynamik, Quantenchemie, Wirkstoffforschung), in der Umweltforschung (Meeresströmungen, Schadstoffausbreitung) und in ingenieurwissenschaftlichen und technischen Fragestellungen (Strömungssimulation, Strukturmechanik, Kopplungsprobleme).
- Im nichtnumerischen Bereich hat die Suche nach Bildinhalten ein enormes Anwendungspotenzial. Biologische und medizinische Fragestellungen werden zunehmend wichtig.
- Einsatzfelder für Datenbankanwendungen sind neben der Wirtschaft (Finanzen und Data-Warehouse) vor allem Geoinformationssysteme und Biodatenbanken.
- Es besteht ein hohes Optimierungspotenzial im Bereich von Produktions- und Logistikketten.
- In Entwurf und Fertigung wachsen die Anforderungen an umfassende integrierte Simulationsumgebungen.

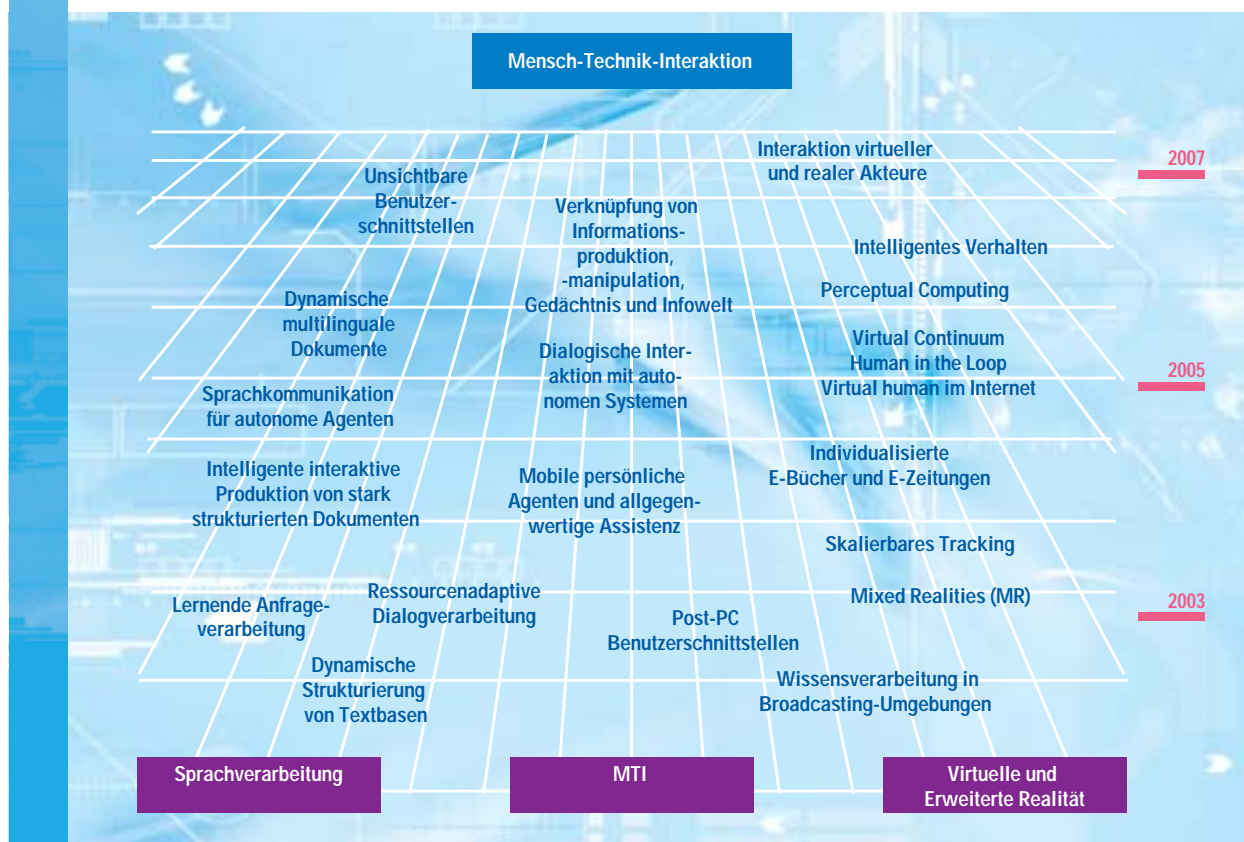
4.2.3. Mensch-Technik-Interaktion

Ausgangslage

Die Sprachverarbeitung bei IT-Geräten ist inzwischen relativ weit entwickelt. Deutschland verfügt über weltweit führende Forschungsergebnisse zur Sprachdialogübersetzung. Die Fortschritte in der Spracherkennung beruhen dabei im Wesentlichen auf Fortschritten in statistischen Verfahren. Die Sprachübersetzung profitierte von interdisziplinären Ansätzen, einschließlich Methoden der Künstlichen Intelligenz. Offene Probleme gibt es noch bei der robusten Spracherkennung und -verarbeitung in gestörten Umgebungen, bei maschinellen Lernverfahren (teure Datensammlung, Datenknappheit, geringe Trainingsdaten), in der Domänenabhängigkeit, der Skalierbarkeit bei manuellen Wissensquellen und in der Sprachsynthese.

Die Ausweitung der Sprachsteuerung von Geräten auf das volle Spektrum der menschlichen Interaktionsmöglichkeiten mit Gestik, Mimik, Haptik und Visualisierung ist noch ein grundlegendes Forschungsthema der Mensch-Technik-Interaktion (MTI). Heutige Forschungsprototypen erfordern noch einen zu großen Adaptionsaufwand, bevor eine breite Nutzung möglich ist. Die Forschung richtet sich zukünftig auf multimodale und virtuelle Benutzungsschnittstellen mit breitem Spektrum an Kommunikations- und Interaktionsmöglichkeiten. Internet und webbasierte Dienstleistungen bestimmen zunehmend die Entwicklungsrichtung.

Bild 10. Mensch-Technik-Interaktion



Es besteht in Expertenkreisen Einigkeit, dass die bisher getrennte Forschungslinie der Interaktion des Menschen mit IT-Geräten über die Virtuelle und Erweiterte Realität (VR-AR) zukünftig weitgehend integraler Bestandteil der Mechanismen zur MTI sein wird. Das kommt der Situation in Deutschland entgegen, zumal die grundlegenden Techniken zur Computer-Graphik bei uns weit entwickelt sind. Virtuelle Welten und interaktive Video-Technologien sind bereits wichtiger Bestandteil vieler Arbeiten mit dem Computer.

Handlungsbedarf und Ziele

Insgesamt muss die Interdisziplinarität der Teilgebiete Sprachtechnologie, MTI und Virtuelle und Erweiterte Realität gestärkt werden, wobei die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems im Vordergrund stehen sollte. Anhand exemplarischer Anwendungen sind modulare Querschnittsprojekte zu fördern, bei denen die interdisziplinäre Zusammenarbeit möglichst umfangreich ist.

Im Sprach- und Dialogverstehen sind die Verfahren insbesondere für Internetanwendungen durch hybride Ansätze statistischer und wissensbasierter Analyseverfahren robuster, skalierbarer und domänenunabhängiger zu machen. Um das Anwendungspotenzial bei der Sprach-

synthese zu erhöhen, müssen Natürlichkeit und Sprecheradaption weiter erhöht werden.

Die Robustheit von MTI-Lösungen muss durch integrale Ansätze und die Kombination verschiedener Verfahren wie Multimodalität bei Ein- und Ausgabe, Usability Engineering, Benutzeradaption und -assistenz oder intelligente Dialoggestaltung gestärkt werden. Für die schnelle und effektive Ergebnisumsetzung sind insbesondere standardisierte Schnittstellen erforderlich. Es besteht hoher Bedarf an angepassten Usability Engineering Methoden für webbasierte Informationssysteme und an effizientem Fehlermanagement. Für alle MTI-Anwendungen werden Evaluationszentren und entsprechende Evaluierungsverfahren gebraucht.

Im Teil-Themenfeld Virtuelle und Erweiterte Realität sollte neben der visuellen Repräsentation auch ein „Rendering der anderen Sinne“ entwickelt werden, um die Bandbreite der Kommunikation zwischen Mensch und Computer zu erhöhen.

Forschungsthemen

Die folgenden FuE-Themen beinhalten sowohl technische Entwicklungen zu den Mensch-Technik-Systemen als auch entsprechende Softwareentwicklungen.

Als herausforderndes Querschnittsthema sollte ein natürlichsprachlicher „Human Virtual Actor“ als personalisiertes Interaktionssystem entwickelt werden, in dem Methoden der Sprach- und Dialogverarbeitung, der physikalisch simulierten Animation, der autonomen Bewegung sowie der Sprache, Gestik, Mimik und des „Affective Computing“ integriert werden.

■ Sprachverarbeitung

- Für die „Internet-Gesellschaft“ sind Methoden zur domänenunabhängigen Beantwortung natürlichsprachlicher Anfragen zu entwickeln, die automatisch Informationen extrahieren und geeignete Zusammenfassungen als Antwort generieren. Für große Audio-Archive ist eine gezielte sprachbasierte Inhaltssuche gespeicherter Audio- und Videoaufzeichnungen einschließlich situations- und benutzeradaptiver Zusammenfassungen notwendig.
- Für die Verbesserung insbesondere der Robustheit von Spracherkennung und -synthese sind neue Modelle der natürlichen Sprache unter Einschluss ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen der Spracherkennung anzuwenden.
- Die Sprachdatensammlung in Deutschland soll verstärkt werden, weil sie elementare Voraussetzung für Geräteentwicklungen der Industrie ist.

■ Mensch-Technik-Interaktion (MTI)

- Es sollen Potenziale für neue Interaktionsmodi bei voller Nutzung menschlicher Wahrnehmungs- und Aktionsmöglichkeiten sowie für das synergistische Zusammenwirken von menschlicher Intelligenz und systembasierten Leistungen (z. B. kooperatives Explorieren) erschlossen werden. Dabei ist auf die Standardisierung neuer Interaktionsformen zu achten.
- Arbeiten zu anthropomorphen Benutzerschnittstellen (personalized interface) sollen verstärkt gefördert werden. Dazu gehören auch Fragen der Nutzermodellierung und die Entwicklung nutzeradaptiver Systeme zur Inhaltsanpassung und -aufbereitung.
- Um die Robustheit von MTI-Systemen zu verbessern, sollen Methoden zur Intentionserkennung des Nutzers und bessere Fehlermanagementkonzepte entwickelt werden.
- Entwicklungen zum „Affective Computing“ sollen integriert werden.
- Für den effektiveren Einsatz von MTI-Systemen sind neue Engineering-Methoden für die situative Informationsbereitstellung (etwa Beschreibung von Arbeitsabläufen) unumgänglich.
- Es sollen neue Modelle, Methoden und Tools für das Usability Engineering webbasierter Informationssysteme und Usability-Testzentren für MTI- und

VR-Systeme gefördert werden.

- Interaktive Werkzeuge und Visualisierungsmethoden für das Information Retrieval.
- Methoden und Toolkits zur Erstellung und Bearbeitung von Interaktionsobjekten (automatische Umsetzung auf unterschiedliche Zielgeräte).
- Interaktion mit mobilen Geräten in Fahrzeugen.
- Interaktion mit vernetzten Systemen.

■ Virtuelle und Erweiterte Realität (VR-AR)

- In VR-Umgebungen spielen neue Sensoren, die eine genauere Reaktion des Systems auf das Verhalten des Nutzers erlauben, eine wichtige Rolle. Es sollen Geräteschnittstellen entwickelt werden, die offen für neue Geräte und Anforderungen sind.
- Informationen in VR-AR-Systemen sprechen zunehmend alle Sinne des Benutzers an und verwischen die Grenzen zwischen Nutzer und System. Dazu sind universelle Schnittstellen zu entwickeln, die nicht nur für Spezialanwendungen ausgelegt sind.
- Für zukünftige Systeme in einem „virtuellen Kontinuum“ sollen intelligente Umgebungen, in denen ein Benutzer nur noch seine Ziele angibt, sowie die Berücksichtigung unterschiedlicher physischer und emotionaler Reaktionen (perceptual computing) erschlossen werden.
- Die physikalisch basierte Simulation als Grundlage für extrem genaue visuelle und animierte Darstellungen soll weiterentwickelt werden.

Wichtige Anwendungsgebiete

- Die Sprachtechnologie einschließlich der notwendigen Informationsaufbereitung wird zur wesentlichen Benutzerschnittstelle zum Internet, insbesondere im mobilen Zugang. Gemeinsam mit den Interaktionsmodi Gestik, Mimik und Haptik bildet sie die Grundlage für die Steuerung zukünftiger IT-Geräte.
- Wichtige Anwendungen liegen in neuen Diktiersystemen für gesprochenes Deutsch (Qualitätsverbesserung der Diktiersprache, Verständlichkeit bei unterschiedlichen Störpegeln) und intelligenten Assistenzsystemen für den leichteren Fremdspracherwerb.
- Die Post-PC-Ära stellt mit mobilem und ubiquitärem Computing bei Verwendung tragbarer Computer höchste Anforderungen an technische und anwendungsbezogene Entwicklungen.
- Für MTI und VR-AR gibt es ein extrem breites Einsatzspektrum vom privaten Bereich (z. B. interaktive Spiele / Movies) über Lehr- und Lernsysteme, e-business und webbasierte Anwendungen bis hin zur Visualisierung

4. Forschungsbereiche

komplexer Anwendungen und kooperativen Arbeit in Teams. Besondere Bedeutung kommt dem „Affective Computing“ für Lehrprogramme und für Service-Roboter für ältere Menschen zu.

- Ein breites Anwendungsfeld ist die Gesamtheit der Anwendungen aus dem Mix von virtuellen und realen Welten (Mixed Realities).

4.2.4. Intelligente Systeme / Wissensverarbeitung

Ausgangslage

Im Forschungs- und Anwendungsbereich von Intelligenten Systemen wurde in den letzten 10 Jahren viel erreicht. Es gab wesentliche Fortschritte in der Schrift- und Spracherkennung, in der Bildverarbeitung, in der Robotik und bei adaptiven Steuerungs- und Planungssystemen.

Das klassische algorithmische Steuerungskonzept von Robotern ist bis heute im Wesentlichen auf eine formale, kodierte Welt beschränkt geblieben und versagt an Problemen eines Agierens in natürlicher, unkodierter Umwelt mit ihren hochdimensionalen und vieldeutigen Merkmalen.

Viele Prozesse sind nichtlinear. Der konstruktive Entwurf nichtlinearer Systeme ist schwierig und nur in Spezialfällen möglich.

Die mit der Anwendung der Informationstechnik verbundene Explosion von Datenmengen erfordert neue Ansätze zur Wissensakquisition und -verarbeitung. Die Ermittlung von nicht-explicitem Wissen muss in die Wissensverarbeitung und in das Wissensmanagement eingebunden werden. Die Selbstorganisationsmechanismen in den Unternehmen gilt es weiter zu unterstützen.

Es gibt ein breites Feld interessanter neuer Anwendungen und es entstehen derzeit neue Industriezweige in der Robotik, mit der mittel- und langfristigen Perspektive der Serviceanwendungen. Es ist absehbar, dass Serviceroboter die Industrieroboter zahlenmäßig übersteigen werden.

Handlungsbedarf und Ziele

Die Beherrschbarkeit integrierter, intelligenter Systeme ist eine wichtige Voraussetzung für zahlreiche Produkte und Produktionsprozesse. Ziel sollte die Konzeption und Entwicklung von Systemen sein, die sich in komplexen, dynamischen Umgebungen angepasst verhalten können. Es ist Wert zu legen auf Robustheit und Skalierbarkeit. Vernetzte Systeme müssen beherrschbar gemacht werden.

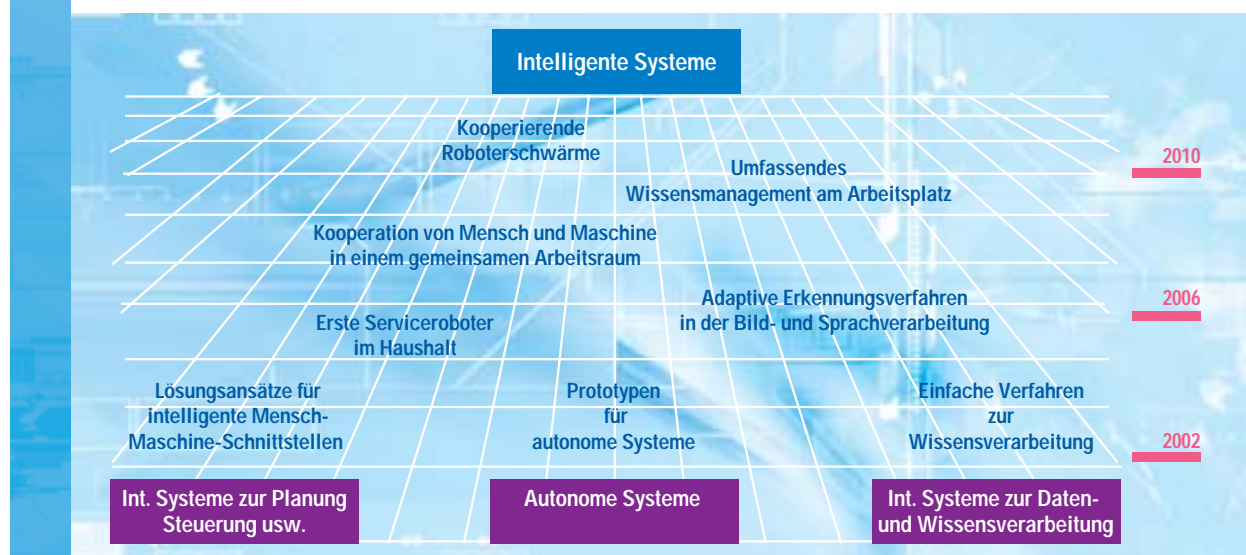
Die Wissensexplosion muss durch KI-Methoden, insbesondere durch Information-Retrieval-Methoden bewältigt werden. Eine weitere Integration subsymbolischer mit symbolischer Verarbeitung oder der Arbeitsweise des Menschen mit KI-Methoden muss dabei im Vordergrund stehen.

Aufgaben und Probleme bei der multimodalen Mensch-Maschine-Schnittstelle, bei kooperierenden Robotern, bei der Verbindung von Sprache mit der Aktorik sind noch nicht ausreichend gelöst.

Bei den Service-Robotern und Robotern, die in natürlichen Umgebungen agieren, sollten grundsätzliche Entwicklungsthemen, die für alle Applikationen wichtig sind, gefördert werden. Außerdem haben Evaluationsmechanismen, Benchmarkingmechanismen und Fragen der Vergleichbarkeit von Robotern eine große Bedeutung.

Die Einigung auf Plattformen, die als standardisierte Basis für alle Roboterentwicklungen dienen können, ist zur

Bild 11. Intelligente Systeme



Senkung des Entwicklungsaufwandes wünschenswert. Wegen des Aufwandes sollte dies im europäischen Rahmen gefördert werden. Im nationalen Rahmen sind Module und Komponenten für solche Plattformen zu entwickeln.

Forschungsthemen

■ Adaptive intelligente Systeme

- Entwicklung neuer Anwendungssysteme in der Robotik durch Bereitstellung von universellen Modulen und Komponenten.
- Erforschung der Selbstwahrnehmung, Selbstmodellierung und der intuitiven Belehrung in der Robotik.
- Weiterentwicklung der Bildverarbeitung im Zusammenhang mit der Selbstwahrnehmung, Wahrnehmung und Konfigurierbarkeit sowie Analyse und kompakte Kodierung visueller Szenen.
- Aufbau von Evaluations- und Benchmarking-Zentren für intelligente Systeme.

■ Integrierte Systeme, Prozesse und Abläufe

- Mathematische Modellierung nichtlinearer Dynamiken und Optimierungen.
- Entwicklung aufgabenabhängiger Ähnlichkeitsmaße, ereignisbasierter Prädikation, systematische Erzeugung von Modularität, strukturabhängige Verteilung von Lernprozessen und Organisation von „Systembeobachtern“.
- Robuste 3-D-/2-D-Szenenanalyse für Lese- und Bildverarbeitungssysteme auf dem Gebiet der Automatisierung.

■ Systeme zur Wissensverarbeitung

- Management von nichtexplizitem Wissen und der Umgang mit unvollständigen bzw. fehlerhaften Informationen.
- Forschungen zu Ontologien und zur semantischen Informationsmodellierung, Knowledge-Management, Knowledge-Based-Engineering, verteiltes Entwickeln, und Planen, Constraint-Technology.
- Verbesserung der dialog- und inhaltsbasierten Suchsysteme in Datenbanken und im Web mittels intelligenter Techniken.
- Erschließung, Aufbereitung und Handhabung komplexer multimedialer Informationsstrukturen für die automatische Extraktion von Metadaten, die Aufbereitung bestehender Informationsstrukturen und gemischt automatisierte, interaktive Handhabung von Informationsstrukturen.
- Wissen in verteilten Strukturen (mobile Systeme).
- IT-basiertes Community Learning.
- Information Retrieval, Knowledge Discovery.

Anwendungsgebiete

- Im Bereich der Verkehrs- und Kommunikationsnetze, in der Nahrungsmittelindustrie, in der Pharmaindustrie, der Medizin, der Automobilindustrie, der chemischen Industrie, im Maschinen- und Anlagenbau und bei integrierten Produktions- oder Logistiksystemen spielt Prozesssteuerung und Systementwicklung eine zentrale Rolle. Ihre Verbesserung im Sinne von Wirtschaftlichkeit, Produktqualität und Verringerung des Rohstoffeinsatzes sichert Wettbewerbsvorteile. Für intelligente Systeme eröffnen sich hier viele Anwendungsmöglichkeiten.
- Sehr interessante Märkte entwickeln sich für anwendungsspezifische Assistenzsysteme sowohl in der industriellen Produktion wie auch im Heim- und Pflegebereich, ferner im Entertainment und Edutainment.
- Ein besonders wichtiges Anwendungsthema ist die Erschließung von 3-D-Welten in der Bildverarbeitung. Realweltsituationen, die dritte Dimension (die Tiefe) sowie Bildfolgen stellen noch immer eine große Herausforderung an Forschung und Entwicklung dar. Mit Ergebnissen in diesen Forschungsthemen können neue Anwendungen in vielen Gebieten realisiert werden.
- Neue und verbesserte Lösungen bei intelligenten Komponenten (Sensorik, Aktorik, Mechatronik etc.) helfen, die Intelligenz in Produkten und Prozessen zu dezentralisieren.
- Intelligente Assistenzsysteme, Case Based Reasoning in kooperativen Gruppen (Wartung, Diagnose, Planung, Projektmanagement u. a.).

4.2.5. Bioanaloge Informationsverarbeitung

Ausgangslage

Herausragende Merkmale biologischer Informationsverarbeitungssysteme wie des Gehirns, des Immunsystems, des Genoms oder staatenbildender Insekten sind ihre hohe Geschwindigkeit durch Parallelverarbeitung, ihre Flexibilität sowie ihre überaus große Robustheit gegenüber Unvollständigkeiten, Störungen und Fehlern in den sensorischen Daten. Sie haben sich bei der Herausbildung komplexer biologischer Strukturen durch Selbstorganisation entwickelt und in der Natur bewährt.

Bei der Nachbildung dieser Eigenschaften in technischen Systemen waren in den vergangenen Jahren signifikante Erfolge durch die Erforschung und Nutzbarmachung biologischer Prinzipien in der Informationsverarbeitung zu verzeichnen. Beispiele sind hochparallele schnelle Algorithmen für die Lösung komplexer Pfadplanungs- oder Na-

vigationaufgaben, neue leistungsfähige Algorithmen für Computersehen und Data-Mining sowie optimierendes Lernen in neuronalen Netzen.

Da es im Bereich der Genomforschung und der Molekularbiologie derzeit eine Explosion von Erkenntnissen gibt, lohnt es sich, nach weiteren biologischen Prinzipien zu suchen, die in informationsverarbeitende Systeme umgesetzt werden können. Die wachsende Datenflut macht dies zudem unerlässlich.

Die Chancen Deutschlands sind außerordentlich hoch, eine führende Rolle in der „Bioanalogen Informationsverarbeitung“ bei der Entwicklung und Anwendung von allgemeinen, vielseitig verwendbaren Prinzipien nach dem Vorbild der autonomen Organisation biologischer Systeme zu übernehmen.

Handlungsbedarf und Ziele

Zur nachhaltigen Weiterentwicklung der bioanalogen Informationsverarbeitung bedarf es zukünftig des noch engeren Zusammenwirkens der Disziplinen Bioinformatik, Neuroinformatik, Neurowissenschaft, Molekularbiologie, Physik und Mathematik. Aus Sicht der Informatik bedeutet dies unter dem Gesichtspunkt der Beherrschung und Organisation vernetzter zielgerichteter Prozesse einen Paradigmenwechsel und eine Neudefinierung der Begriffe „Berechnung“ und „Struktur“. Das Kernziel ist, von der bisherigen, von der diskreten Mathematik abgeleiteten detailliert-algorithmischen Vorgehensweise auf eine prinzipienorganisierte höhere Ebene des Arbeitens in Strukturen überzugehen und höhere Komplexität für eine bessere Ressourcennutzung handhabbar zu machen (Neurocomputing, Organic Computing).

Als biologische Induktionsbasis können das evolutionäre Geschehen und die neuronale Informationsverarbeitung dienen. Zur formalen Beschreibung der dort auftretenden Phänomene müssen qualitativ neue mathematische Ansätze entwickelt werden. Auf der Grundlage solcher Ansätze können progressive informationsbiologische Theorien erwachsen, die die Informatik fundamental verändern können.

Beim Lernen von der Biologie müssen vor allem die Lösungswege der Natur anstelle der Betrachtung einzelner Phänomene in den Mittelpunkt der Forschung gerückt werden. Der Schwerpunkt wird auf die Entwicklung und Anwendung von allgemeinen, vielseitig verwendbaren Prinzipien zu legen sein.

Forschungsthemen

Gefördert werden grundlegende interdisziplinäre Verbundprojekte aus dem Bereich der Biowissenschaften mit der Informationsverarbeitung, möglichst unter Beteiligung potenzieller Anwender.

Da das Wissen über die Welt für die lebenden Systeme in Strukturen der Evolution gespeichert ist und angesichts der Tatsache, dass die Kenntnisse im Bereich der Genomforschung und der Molekularbiologie explosionsartig gestiegen sind, soll das neue Programm zur Bioanalogen Informationsverarbeitung mit einem Ideenwettbewerb gestartet werden, in dem Biologen, Neurowissenschaftler, Informatiker und Vertreter von Anwendungsdisziplinen gemeinsame Vorschläge für von der Biologie zu übernehmende neue Prinzipien der Informationsverarbeitung in technischen Systemen machen. Themenschwerpunkte sind dabei:

■ Organic Computing als erweitertes Paradigma der technischen Informationsverarbeitung

Erweiterung der Theorie dynamischer, sich autonom organisierender und sich anpassender Systeme für die Beschreibung komplexer Prozesse. Hierbei spielt die aufgabenbezogene Strukturierung der Probleme, die sich in der Systemarchitektur niederschlägt, eine entscheidende Rolle.

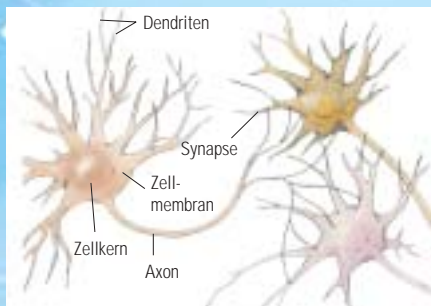
■ Selbstorganisation komplexer technischer Interaktionsformen und vernetzter Strukturen

- Untersuchung realer, komplex vernetzter, kooperierender, zielgerichteter Prozesse von Organisations- und Interaktionsformen (z. B. in der Molekular- und Neuro-Biologie) und Nutzung für Ansätze evolvierender Hard- und Softwaresysteme.
- Hierbei liefert die Biologie durch Merkmalsintegration und synchronisierte Orts-Zeit-Regime im Datenformat ein Vorbild von hoher Effizienz für Extraktion, Repräsentation und Verarbeitung von Information durch Datenreduktion.

■ Modellierung und technische Nutzung der gesamten Vielfalt kognitiver Prozesse

- Realisierung der Verarbeitung von präzisen Daten bis hin zu vagem Wissen und emotionaler Information, gekoppelt mit anthropomorphen Wahrnehmungs- und Bewegungsfähigkeiten von Robotern, um die Kooperation und Akzeptanz des Menschen mit Assistenzsystemen sicherer und natürlicher zu gestalten.
- Verallgemeinerung gegenwärtiger Modelle der Informationsrepräsentation in neuronalen Systemen über statische Repräsentationen und stabile Attraktor-Zustände hinaus auf das Vorbild realer

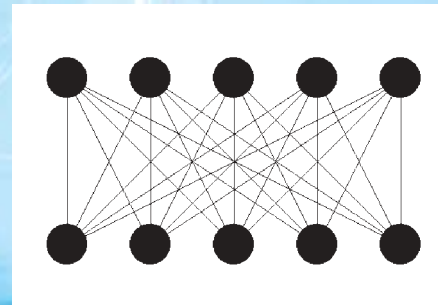
Bild 12. Vergleich Gehirn-Computer



Gehirn

- menschliches Gehirn umfasst 10^{10} bis 10^{11} Neuronen
- jedes Neuron hat Verbindungen zu 10^3 Nachbarneuronen
- jedes Axon sendet etwa 10^3 Signale pro Sekunde
- etwa 10^{16} – 10^{17} Signale/Sekunde
- Stromverbrauch: 60 Watt

Quelle: DFKI



Computer

ASCI White von IBM

- $< 10^4$ Prozessoren (8.192 Power3-II CPUs)
- jeder Prozessor hat 512 shared-memory Knoten
- $1,2 \cdot 10^{13}$ Operationen/Sekunde
- Stromverbrauch 3 Megawatt

biologischer Systeme. Gesucht sind neuartige mathematische und weitere formale Modelle der Informationscodierung mit Lerndynamiken in verschiedenen Zeitbereichen.

■ Strategien biologischer Datencodierungen als Voraussetzung für echtzeitfähige Informationstechniken

- Anforderung zur problembezogenen Strukturierung großer Datenmengen bei zu wenig Wissen oder Anknüpfungsmöglichkeiten für ein algorithmisches Vorgehen.
- Biologische Vorbilder (Gehirn wie auch Genom) für Strategien der Informationskodierung, die eine Selbstorganisation von Information, Flexibilität und Optimierung bei variablen Zielfunktionen erlauben (evolutionär oder lernend).
- Quantitative Modelle für die Erzeugung, Verarbeitung und Speicherung von Information in robust arbeitenden Netzwerken, z. B. gepulste Neuronen.

■ Autonome Roboter- und Fahrzeugsysteme

Neue biologische Prinzipien für die robuste Erkennung von Situationen in komplexen natürlichen Szenarien. Die Robustheit biologischer Systeme in unvorhergesehenen Situationen ist für technische Systeme bisher ungelöst.

Anwendungsgebiete

- Optimierung von komplexen Netzwerken der Logistik, hochdimensionaler Robotersysteme, kollektiver Entscheidungsprozesse, adaptiver Prozesse in Organisationen mit Robustheit gegenüber Störungen und begrenzten Parameterveränderungen.
- Die Anwendung neuer, bisher ungenutzter biologischer Prinzipien zur Produktivitätssteigerung in der Softwareentwicklung um Größenordnungen.
- Echtzeit-Umsetzung hochdimensionaler numerischer Information in symbolische Information und Datamining, z. B. für Wirtschaftsinformationen, für Assistenzsysteme in Leitwarten, für die Auswertung, Filterung, Entrauschung breitbandiger Datenströme jeglicher Herkunft (Satellitendaten, Bildinterpretation, Sprache, Textkorpora, WorldWideWeb, Genom, Biomedizin).
- Technische Assistenzsysteme mit adaptiver Anpassung an individuelle kognitive Fähigkeiten der Nutzer durch IT-Lösungen aus der Biologie, z. B. durch Entwicklung bioanaloger Erkennungsmethoden für neue Mensch-Technik-Schnittstellen (Gestik, Mimik, Augenbewegungen, bioelektrische Signale).
- Innovative bioanaloge Lösungen bei nachlassenden sensorischen und kognitiven Fähigkeiten älterer Menschen und bestimmter Patientengruppen.
- Distributive Autonome Mobile Systeme (DAM-Systeme), z. B. für Schwärme zur Überwachung der Umwelt.

4.3. Basistechnologien für die Kommunikationstechnik

Der Telekommunikationsmarkt in Deutschland erreichte im Jahre 2000 ein Umsatzvolumen von über 65 Mrd. Euro, davon entfielen 50 Mrd. Euro auf die Telekommunikationsdienste sowie 15 Mrd. Euro auf die Telekommunikationstechnik. Die Exporte von Telekommunikationstechnik sind im Jahr 2000 um 35 % gegenüber dem Vorjahr auf 13 Mrd. Euro angewachsen. Die Exportquote für Telekommunikationstechnik liegt damit über 80 %.

Aufgrund des starken Wachstums des Internetverkehrs tritt der Telefonverkehr in hoch entwickelten Ländern in den nächsten Jahren von seinem Volumen her zunehmend in den Hintergrund, bei gleichzeitigem erheblichen Wachstum der mobilen Sprachkommunikation. Im Jahre 2003 werden schon über 80 % des gesamten Übertragungsvolumens auf das Internet entfallen.

Das hat grundlegende Auswirkungen auf die Netztechnik. Im klassischen Bereich der Übertragungs- und Vermittlungstechnik für die Sprachkommunikation sowie im Ausbau der Netze nimmt die deutsche Industrie im weltweiten Vergleich eine Spitzenposition ein. Durch die Integration von Sprach- und Datendiensten in ein gemeinsames Netz ist jedoch eine Veränderung der klassischen verbindungsorientierten Netzstruktur zu einer paketvermittelnden Netzstruktur zu erkennen. Das Internet wird in zunehmendem Maße Funktionalitäten klassischer Sprachkommunikationsnetze bieten und zu einer Absorption dieser Netze führen.

Im Jahr 2000 wurde in Deutschland erstmals mehr Mobilfunktechnik als Festnetztechnik hergestellt. Die Produktion von Mobilfunktechnik belief sich auf 7,5 Milliarden Euro und hat damit gegenüber dem Vorjahr um 37 % zugenommen. Seit der Einführung von GSM (Global System for Mobile Communication) erlebt die Mobilkommunikation in Deutschland und weltweit einen Boom, der ungebrochen ist. Zur Zeit nutzen weltweit nahezu 1 Mrd. Teilnehmer Mobilfunksysteme, davon über 640 Mio. Menschen in über 170 Ländern GSM-Netze.

Im Gegensatz zur Kommunikation über Festnetze ist die Mobilkommunikation z.Z. noch auf schmalbandige Anwendungen (Sprache) begrenzt. Durch die Zunahme der Teilnehmerzahl, die begrenzte Verfügbarkeit geeigneten Frequenzspektrums und durch die zu erwartende Zunahme des mobilen Datenverkehrs im Zusammenhang mit neuen Anwendungen wie der mobilen Multimediatechnik stoßen die Netzkapazitäten an ihre Grenzen. Eine technische Fortentwicklung der Mobilnetze ist deshalb dringend erforderlich und geboten, um den bestehenden technologischen Vorsprung und Markterfolg zu halten bzw. auszubauen.

Ein weiterer Aspekt der Veränderung der Netzstrukturen ist die Zugangsmöglichkeit mobiler Anwender zu Daten- und Informationsquellen. Internet an jedem Ort und zu jeder Zeit wird möglich. Die schnurlosen und die drahtgebundenen Kommunikationsnetze werden aus Nutzersicht zu einem Netz zusammenwachsen und umfangreiche Datendienste zur Verfügung stellen. Der Nutzer muss sich in Zukunft nicht um die Art des Netzzugangs kümmern. Die Änderungen der Nutzung und des Zugangs zu Informationsquellen sowie die daraus resultierende notwendige flexible Restrukturierung der Netze stellen höchste Anforderungen an die Entwicklung von Protokollen zur Netzverwaltung und Organisation.

Die Förderung der Basistechnologien für die Kommunikationstechnik im Rahmen des Konzepts „IT-Forschung 2006“ konzentriert sich auf vier Bereiche:

■ Photonische Kommunikationsnetze

Ziel ist, das Kernnetz, das auf optischer Übertragungstechnik beruht, in den nächsten Jahren an die gestiegenen Anforderungen durch das Internet anzupassen. Zielmarke für die Forschung ist eine Kapazitätssteigerung von einem auf 50 Terabit pro Sekunde Übertragungsleistung pro Glasfaser im Jahre 2005. Wichtig ist darüber hinaus die Entwicklung eines intelligenten Netzmanagements für das optische Nachrichtennetz, das in der Lage ist, im Zusammenspiel zwischen Kern-, Verteil- und Zugangsnetz Anwendungsdienste mit garantierter Übertragungsqualität zu gewährleisten.

■ Mobile Breitband-Kommunikationssysteme

Der globale Siegeszug des Internets hält an. Dabei spielt die Erweiterung hin zum Mobil Internet und dessen universelle Verfügbarkeit (zu jeder Zeit an jedem Ort) eine zentrale Rolle.

Die Herausforderungen der zukünftigen Mobilkommunikation sind die flächendeckende, breitbandige Versorgung und die effiziente Nutzung aller Ressourcen. Neue Konzepte und Architekturen sind notwendig, um den Anforderungen eines dynamisch sich verändernden Verkehrsaufkommens gerecht zu werden.

■ Innovative Displaytechnik

Angesichts der großen industriepolitischen Bedeutung der Flachbildschirm-Technologien und der Fortschritte bei den dafür erforderlichen Basistechnologien kommt es darauf an, innovative Displaylösungen für Kommunikation, Mobilität und Produktion zu entwickeln. Der Einstieg über maßgeschneiderte Komponentenlösungen mit hohem Zukunftspotenzial, wie z. B. in Fahrzeugen und in der Kommunikationstechnik, und über innovative Herstellungsprozesse, die eine hohe Ausbeute versprechen, erscheint aussichtsreich.

■ Neue Komponenten und Materialien.

Ziel ist, die Grundlagenforschung auf dem Gebiet neuer Kommunikationstechniken so voranzutreiben, dass neue Materialien und neue physikalische Effekte, z. B. in der Quantenphysik, zur Entwicklung innovativer Komponenten genutzt werden können. Weiterhin gilt es, optische Speichertechniken für den Multi-Gigabyte-Bereich zu entwickeln.

Übergreifend wird einerseits das Ziel verfolgt, die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Hersteller und Dienstleister zu stärken, andererseits wird in ausgewählten Bereichen Grundlagenforschung gefördert, um auch langfristig neue Produkte und Dienstleistungen zu ermöglichen.

4.3.1. Photonische Kommunikationsnetze

Ausgangslage

Der Markt in Europa für Telekommunikationsausrüstungen betrug im Jahr 2000 73 Mrd. Euro, in Deutschland 15 Mrd. Euro. Er wird jährlich um ca. 15 % wachsen. Die europäische Industrie hat im Bereich der optischen Kommunikationstechnik eine führende Stellung. Der Datenverkehr im Internet verdoppelt sich jährlich. Die optischen Kommunikationsnetze müssen sich diesem Bedarf anpassen. Es müssen neue Netzarchitekturen erprobt, die Übertragungsleistung um ein Vielfaches gesteigert und dafür neue leistungsfähigere Netzkomponenten entwickelt werden.

Handlungsbedarf und Ziele

Die Förderung zielt darauf ab, eine enge Zusammenarbeit zwischen deutschen Forschungsinstituten der Kommunikationstechnik und den Ausrüstern und Betreibern von Kom-

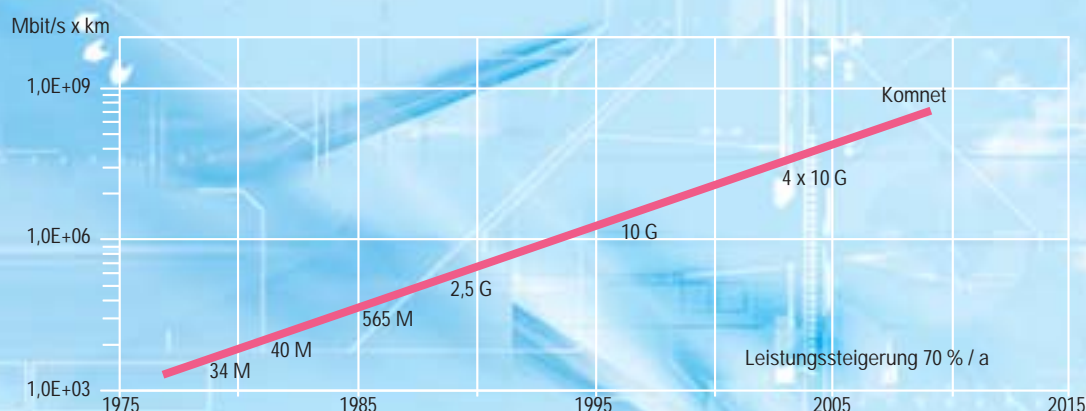
munikationsnetzen herzustellen, die dazu führt, dass innovative Ideen rasch in die Anwendung umgesetzt werden. Zu dem Kreis gehören auch europäische Firmen und US-amerikanische Firmen, die ihre Forschungs- und Entwicklungszentren sowie Teile der Produktion in Deutschland angesiedelt haben. Aufgrund der Entwicklungsdynamik sind die Forschungsprojekte so konzipiert, dass in kurzer Zeit (etwa zwei Jahre) erste Ergebnisse vorliegen.

Forschungsthemen

Priorität hat die Steigerung der Leistungsfähigkeit optischer Netze. Es gilt, flexible und schaltbare optische Netze zu entwickeln, die auch unter Internet-Protokollen die Zuverlässigkeit und Dienstqualität herkömmlicher Telekommunikationsnetze aufweisen. Unerlässlich dafür ist eine neue Planungs- und Simulationssoftware. Die entsprechenden Netzkomponenten wie Multiplexer und Demultiplexer, Schalter, Wellenlängenumsetzer, Verstärker und auch Laser müssen noch entwickelt werden.

Das Datenvolumen im Internet wird sich in den kommenden Jahren alle 6–12 Monate verdoppeln, der Durchsatz der heutigen elektronischen Internetrouter dagegen verdoppelt sich infolge Moore's Law nur alle 18 Monate. Zur Überwindung dieses Engpasses wird heute weltweit am optischen Router geforscht. Im optischen Router werden die hochrätigen Internetpakete, die über die Glasfasernetze transportiert werden, optisch verarbeitet, der Umweg über die Elektronik entfällt. Die ultraschnelle optische Signalverarbeitung ist die Schlüsseltechnologie für optische Router. Die deutsche Forschung gehört zu den weltweit führenden auf diesem Gebiet. Deutschland verfügt über hohes Industrie- und Forschungspotenzial. Damit bietet sich die Chance, auf dem strategischen Feld der optischen Router eine führende Rolle übernehmen zu können.

Bild 13. Übertragungskapazität der Glasfaser



Im Bereich der Datennetze bildet sich zwischen den Fernübertragungsnetzen, den Anschlussnetzen und den lokalen Netzen in einzelnen Gebäuden ein neues Marktsegment, die Metropolitan Area Networks, auch Metronetze genannt. Diese haben mittlere geografische Ausdehnung und oft eine beschränkte Anzahl von angeschlossenen Knoten. Metro- und Anschlussnetze sind den gestiegenen Kapazitätsanforderungen anzupassen, die Voraussetzung für den breitbandigen Netzzugang auch für Firmen und Privathaushalte sind. Für diese Forschungsthemen ist ein neuer Förderschwerpunkt MultiTeraNet in Vorbereitung mit den vier Themenbereichen:

■ **Ausnutzung der Faserkapazität für hochkapazitive optische Übertragungssysteme**

Angestrebt wird die Steigerung der Transportkapazität von Übertragungssystemen auf über 50 Tbit/s je Faser. Dazu soll die spektrale Effizienz optischer Übertragungssysteme mit neuen Modulations- und Übertragungsverfahren auf 0,8 bit/s/Hz und darüber hinaus gesteigert werden. Des Weiteren wird die Nutzung der gesamten Faser-Bandbreite von 1300 nm bis 1675 nm angestrebt, insbesondere durch den Einsatz neuer Fasertypen.

■ **Flexible optische Netze**

Angestrebt werden Netzkonzepte und -architekturen mit intelligenten Netzknoten und transparenten Subnetzen; ferner ein intelligentes Netzmanagement und Protokolle, die automatisierte Bedienabläufe sowie evolutionäre Multi-Service- und Technologie-Lösungen ermöglichen. Weiterhin geht es um Vermittlungsverfahren, die den Übergang von der derzeit vorherrschenden Leitungsvermittlung zur optischen Paketvermittlung zum Ziel haben. Dazu werden Konzepte wie „optical burst switching“, dynamisches Wellenlängenrouting und optisches Paket-/Label-Switching untersucht und prototypisch getestet.

■ **Zugangsnetztechniken, Zusammenwirken von Festnetz und drahtlosen Netzen**

Angestrebt werden optische Zugangsnetze und sonstige Zugangsnetztechniken mit neuen Kodierungsverfahren für DSL-Technologien sowie Konzepte und Protokolle zur Verbindung von Fest- und Mobilnetz.

■ **Schlüsselkomponenten, Technologien und Materialien**

Angestrebt werden optische Vermittlungsknoten, Komponenten für optische Schalt- und Routingverfahren, Komponenten für WDM-Systeme mit einer sehr hohen Kanalzahl (>1000), Komponenten für hochstratige TDM-Systeme, Komponenten für den Burst-Betrieb sowie Komponenten für die optische Signalverarbeitung.

4.3.2. Mobile Breitband-Kommunikationssysteme

Ausgangslage

Der gegenwärtige Erfolg des Mobilfunks basiert auf der Entwicklung und Einführung digitaler Mobilfunksysteme und deren Standardisierung in der bekannten europäischen GSM-Norm. Diesen Standardisierungsbemühungen in den europäischen Gremien ging eine Förderung der grundlegenden Arbeiten in Industrie und Wissenschaft durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung voraus.

Auf dem Gebiet der digitalen Mobilkommunikation besitzt Europa deshalb eine führende Position. Deutschland spielt dabei auch weiterhin eine entscheidende Rolle und es kommt darauf an, die weitere Entwicklung mit wichtigen Impulsen mitzugestalten. Hierbei kommt der Forschung als wichtigstem Innovationsmotor in dem stark wachsenden Mobilfunkmarkt eine entscheidende Bedeutung zu.

Die Entwicklung der Beschäftigtenzahlen der letzten Jahre bei den Netzbetreibern und den Service Providern im Mobilfunkdienst zeigt deutliche Zuwachsraten von ca. 15.000 in 1996 auf ca. 33.600 im Jahr 2000. Allein im Jahr 2000 stieg die Zahl der Beschäftigten von 27.800 auf 33.600 an. Darüber hinaus sind auch bei den System- und Geräteherstellern und bei den in diesen Bereichen tätigen Servicebetrieben in Handel und Handwerk zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen worden.

Handlungsbedarf und Ziele

Neue Konzepte und Systemarchitekturen sind notwendig, um flächendeckende breitbandige Versorgung und effiziente Nutzung aller Ressourcen zu ermöglichen und den zukünftigen Herausforderungen gerecht werden zu können. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung konzentriert seine Förderung auf die Entwicklung von Systemlösungen, die zu europäischen Normvorschlägen führen und in der Folge innovative Märkte erschließen und mitgestalten sollen. Dies wiederum schafft und erhält Arbeitsplätze, was letztlich Motivation und Ziel aller Förderanstrengungen ist.

Forschungsthemen

■ **Universelle Nutzung von Kommunikationsnetzen für künftige Mobilfunkgenerationen (HyperNet)**

Im Förderschwerpunkt HyperNet wird die Entwicklung von Systemkonzepten gefördert, die zur Lösung der beiden dominierenden Probleme der zukünftigen Mobil-

kommunikation, der flächendeckenden breitbandigen Versorgung und der Bandbreiteneffizienz, beitragen. Dabei wird der klassische Ansatz des Mobilfunks, der von einer zentral organisierten Architektur von Basisstationen und Teilnehmern ausgeht, verlassen. Im Mittelpunkt stehen:

- **Selbstorganisierende Funknetze mit Multihop-Fähigkeit**

Das Systemkonzept „MultiHop“ trägt dazu bei, den Infrastrukturaufwand an Basisstationen und zugehörigen Festnetzzugängen für eine geforderte Funkversorgung deutlich zu senken. Dies wird durch die Einführung drahtloser Basisstationen (z. B. Handy) und deren Integration in ein selbstorganisierendes Netz für drahtlose Internetkommunikation erreicht. Weiterhin soll die sogenannte Multihop-Fähigkeit von HiperLAN/2 untersucht und eine Standardisierung vorbereitet werden.

- **Integriertes Bandbreiteneffizientes Mobiles Software-Radio-System**

In dem Projekt „IBMS2“ soll gezeigt werden, dass in einem Mobilfunksystem durch Einschalten einer mobilen Zwischenstation die Interferenz verringert und dadurch die Gesamtnetzkapazität gesteigert werden kann. Zur Realisierung muss das Netz selbstkonfigurierend sein. Eine Erhöhung der Netzkapazität und Effizienz wird durch eine adaptive Luftschnittstelle unter Ausnutzung der Raum-Zeit-Signalverarbeitung erreicht. Hierzu ist es erforderlich, dass sich

die Endgeräte softwaredefiniert an die jeweiligen Gegebenheiten – im Idealfall an alle verfügbaren Luftschnittstellen – anpassen lassen.

- **Mobilfunkübertragungs- und Zuweisungsverfahren höchster Effizienz**

Ziel des Projekts „HyEff“ ist es, die spektrale Effizienz und damit die Kapazität von künftigen Mobilfunksystemen durch den flexiblen und dynamischen Einsatz aller Ressourcen ohne Rücksicht auf die bisherigen Standards wesentlich zu steigern. Dies heißt, dass das Ziel der Kapazitätssteigerung durch Nutzung eines größeren Freiheitsgrades im vierdimensionalen Kommunikationsraum, bestehend aus Frequenz, Zeit, Raum und Code erreicht werden soll. Hierzu werden u. a. Ansätze mit nichtorthogonalen Mehrträgersystemen, Mehrantennensysteme, Burstübertragung und das Spectrum-Pooling untersucht.

- **Drahtlose Kommunikation auf IP-Basis (IP on Air)**

Ziel dieses Schwerpunkts ist eine nahtlose Integration mobiler, drahtloser und drahtgebundener Kommunikationsnetze (z.B. Internet, Mobilfunk verschiedener Standards, Ad-hoc-Netze), in denen auf Basis des Internet-Protokolls (IP) eine effiziente, flexible und sichere Kommunikation ermöglicht wird. Die mobile Kommunikation über mehrere Funkversorgungsbereiche in einer drahtlosen, selbstkonfigurierenden und heterogenen (Multistandard-)Umgebung wird hier als eine besondere Herausforderung angesehen.

Bild 14. Zukünftiges optisches Kommunikationsnetz (DWDM-Netz)

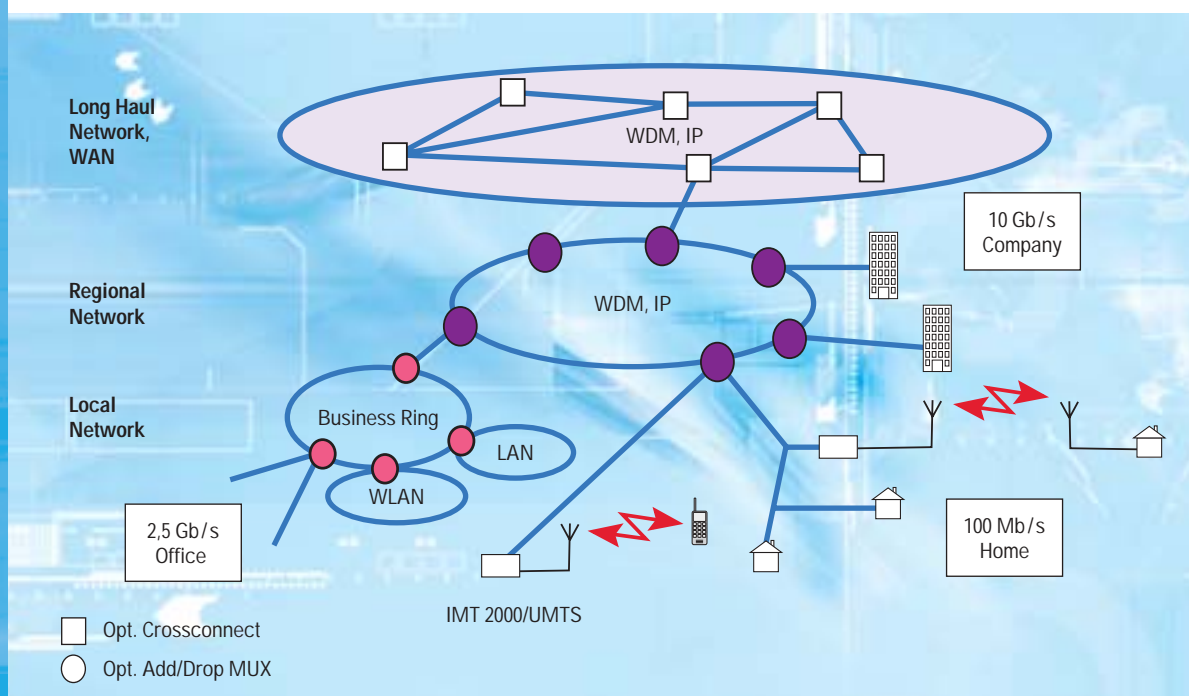
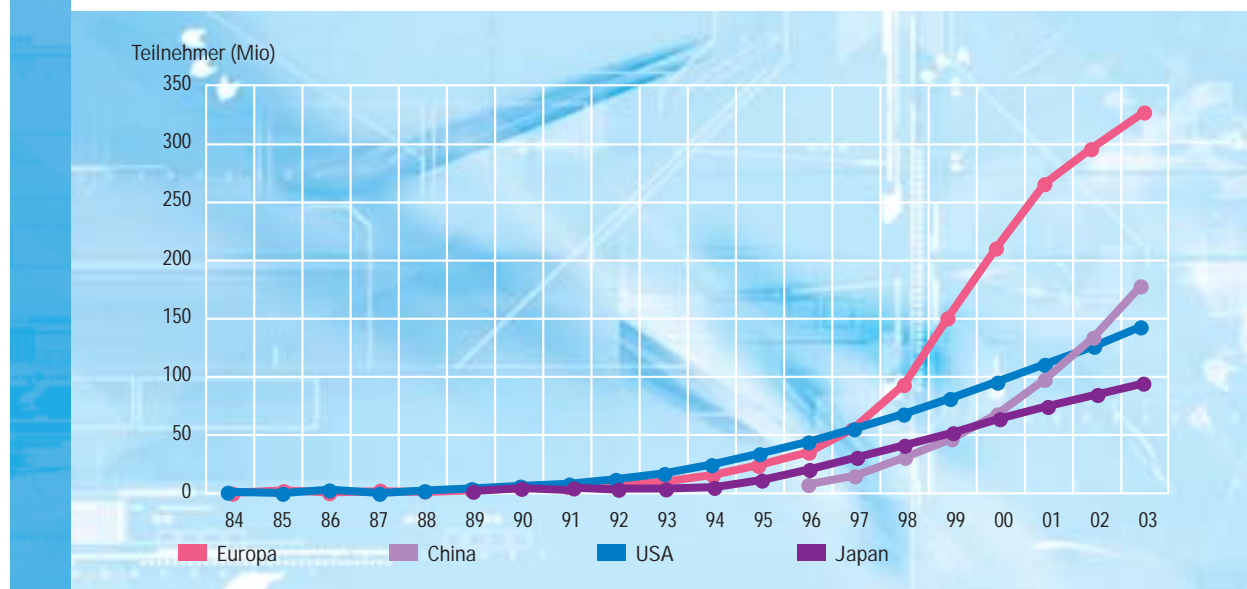


Bild 15. Die vier größten Mobilfunkmärkte



Im Mittelpunkt des Interesses stehen dabei Aspekte, die sich mit dem Management unterschiedlicher Radioressourcen beschäftigen und die es ermöglichen, die jeweils optimale Radioschnittstelle anwendungs- und einsatzabhängig zu selektieren. Ein Ziel ist die Bereitstellung von Verfahren zum hierarchischen Vielfachzugriffs-Management. Kritische Fragestellungen ergeben sich hinsichtlich einer nahtlosen Integration für die Adressierung der mobilen Knoten (IP-Adresse), für den effizienten Transport von Daten sowie für die Sicherheit der mobilen Kommunikation. In Bezug auf die Sicherheit untersucht das Vorhaben einerseits Fragestellungen, die in engem Zusammenhang mit der Vertraulichkeit persönlicher Daten der mobilen Benutzer stehen. Andererseits wird die Integration eines IP-basierten Netzes in die öffentlichen Netze untersucht. Anwendungs- und dienstorientierte Aspekte werden im Kapitel „Neue Internettechnologien“ dargestellt.

■ Mobilfunkorientierte Mikroelektronik-Technologien (Mobile on Chip)

Ziel des Förderschwerpunkts sind software-basierte universelle Endgeräte für die Mobilkommunikation. Die zugrunde liegende Vision ist ein für den Benutzer transparentes Mobilfunksystem, welches selbsttätig ein geeignetes Frequenzband und den passenden Standard auswählt. Dies wird durch Endgeräte ermöglicht, die auf möglichst einheitlichen, multiband/multistandardfähigen Technologien basieren. Schwerpunkt der geplanten Arbeiten sind Architekturentwürfe für rekonfigurierbare Mobilfunksysteme auf Software-Radio-Basis. Daraus ergeben sich dann die notwendi-

gen Schlüsselkomponenten für analoge und digitale Multiband- und Multistandard-Frontends (Sender, Empfänger, Mischer und Antennen). Bei den Forschungsarbeiten zur Entwicklung der Schlüsselkomponenten für hohe Frequenzen wird besonderer Wert auf geringe Verlustleistung für den Einsatz in der Mobilkommunikation gelegt.

■ Funktechniken mit minimaler Strahlungsbelastung

Die Entwicklung von Funktechniken mit minimaler Strahlungsbelastung kann einen wichtigen Beitrag für die Weiterentwicklung der mobilen Kommunikation leisten, da sie dem Aufkommen ständig neuer elektromagnetischer Quellen und den dadurch stetig zunehmenden Intensitäten und Interferenzen entgegenwirkt.

Es ist Ziel einer solchen technischen Entwicklung, die spektralen Leistungsflussdichten emittierter Funkwellen soweit abzusenken, dass sie möglichst in die Größenordnung der natürlichen Umgebungsstrahlung kommen. Zur Vorbereitung soll untersucht werden, welches Potenzial alternative Technologien zur Verringerung der elektromagnetischen Belastung überhaupt haben können.

4.3.3. Innovative Displaytechnik

Ausgangslage

Die Displaytechnik ist nach der Mikroelektronik eine der wichtigsten Basistechnologien für das Informationszeitalter. Mit der Mikroelektronik wächst die Displaytechnik

mehr und mehr zu einem funktionellen System zusammen, das die Eigenschaften von Endgeräten der Informations- und Kommunikationstechnik weitgehend bestimmt. Die Attraktivität neuer Dienste wird heute bereits wesentlich durch den visuellen Eindruck geprägt, wobei in einigen Bereichen neuerdings der Aspekt der Mobilität zunehmend in den Vordergrund tritt. Der Weltmarkt für LC-Displays wird von derzeit 20 auf 33 Mrd. \$ in den nächsten Jahren anwachsen. Der Markt für OLED-Displays wird im Jahr 2010 ca. 20 Mrd. \$ erreichen.

Handlungsbedarf und Ziele

Deutschland hat als Standort für die Produktion von Flachbildschirmen, die derzeit überwiegend für Computersysteme hergestellt werden, eine schwache Position. Daher gilt es, den Standort Deutschland für zukünftige Entwicklungen der Displaytechnik wieder konkurrenzfähig zu machen. Nur wenn eine ausgeprägte FuE-Infrastruktur vorhanden ist, besteht die Chance, dass Deutschland z. B. bei Displays auf der Basis organischer Leuchtdioden (OLED) oder bei Projektionsdisplays seine Position verbessern kann. Die größten Chancen für den deutschen Standort werden in Zukunft insbesondere bei Displays für die Automobil- und Kommunikationstechnik gesehen.

Forschungsthemen

■ LCD-Technologie auf flexiblen Substraten

Den noch am Anfang ihrer Entwicklung stehenden Flüssigkristall-Displays auf Kunststoffsubstraten wird eine erhebliche Bedeutung für die Zukunft beigemessen. Von besonderem Interesse ist die Entwicklung bistabiler und multistabiler Anzeigen. Diese sind z. B. für mobile Anwendungen und Niedrigpreis-Anwendungen (Preisauszeichnungen, Anzeigen in Chipkarten) geeignet, da sie im Ruhezustand keine Energie verbrauchen.

■ OLED-Displays

Wesentliche Merkmale von Displays auf Basis organischer Leuchtdioden sind die ausgezeichneten visuellen und elektrischen Eigenschaften (großer Blickwinkelbereich, hervorragende Bewegtbilddarstellung aufgrund der hohen Schaltgeschwindigkeit, geringe Betriebsspannung, gute Effizienz). Auch im Bereich flexibler Displays wird dieser Technologie ein hohes Potenzial beigemessen.

■ Projektionssysteme

Eine Alternative zu Direktsicht-(Groß)bildschirmen ist die Bildprojektion. Mit kleinflächigen Lichtmodulatoren (im Durchlicht oder im Auflicht, z. B. transmissives

LCD, LCOS, DMD) sind sowohl reelle als auch virtuelle Darstellungen möglich. Projektionssysteme eignen sich außerdem gut für autostereoskopische 3-D-Darstellungen, die zunächst für professionelle Anwendungen große Bedeutung erlangen werden.

4.3.4. Neue Komponenten und Materialien

Ausgangslage

Die Fortschritte in der Kommunikationstechnik beruhen in hohem Maße auf der Verfügbarkeit von neuartigen elektronischen, optischen und optoelektronischen Bauelementen, durch die immer komplexere Systemlösungen realisierbar werden.

Die zielorientierte Förderung dieser Grundlagenforschung ist als Vorsorgeforschung zur langfristigen Sicherung der Position Deutschlands im Bereich der Mikro- und Optoelektronik und der Lasertechnik als Basistechnologie für die Kommunikationstechnik zu sehen. Eine finanzielle Beteiligung der Wirtschaft an diesen Forschungsarbeiten wird von Anfang an nicht immer zu erwarten sein.

Handlungsbedarf und Ziele

Für viele innovative Bauelemente in der Kommunikationstechnik werden neue Klassen von Verbindungshalbleitern benötigt. In der klassischen Mikroelektronik findet derzeit ein teilweiser Übergang von Silizium zu Silizium-Germanium statt. In der Hochfrequenz- und Leistungselektronik, die schwerpunktmäßig auf Verbindungshalbleitern beruht, wird Gallium-Arsenid teilweise durch Gallium-Nitrid oder Indium-Phosphid abgelöst. Besonders zukunftsversprechend erscheinen auch Schaltkreise aus organischen Materialien wie Polymeren. Welche Anwendungen sich hieraus ergeben, lässt sich heute noch nicht im Einzelnen absehen. Um Vorsorge für zukünftige Entwicklungen der Festkörperelektronik zu treffen, werden auch Quantenstruktursysteme und deren Anwendungen in elektrischen, magnetischen und optischen Bauelementen erforscht.

Forschungsthemen

■ Indiumphosphid und Halbleiter mit großer Bandlücke

Während Galliumarsenid bei den Verbindungshalbleitern nach wie vor das dominierende Substratmaterial für die Herstellung integrierter Höchstfrequenzschaltkreise ist, gewinnen für sehr große Datenübertragungsraten Indiumphosphid und für Leistungsanwendungen

Bild 16. Umsatzwachstum von OLED-Displays



die sogenannten "Wide Band Gap" (WBG)-Halbleiter (Silizium-Carbid und Gallium-Nitrid) an Bedeutung.

- Im Zuge der immer höheren Anforderungen an die Datenübertragungsraten (Fernziel 160 Gbit/s) sind FuE-Aktivitäten für neue Komponenten und Technologien in der Hochgeschwindigkeitselektronik unumgänglich. Das Material der Wahl ist hier Indiumphosphid (InP). Nur dieser Halbleiter ist in der Lage, die gewünschte Performance in der Signalverarbeitung und in der „High Speed Elektronik“ zu erreichen. Die entsprechenden Forschungsaktivitäten konzentrieren sich daher auf die Gebiete InP-Substratentwicklung und Bauelement- und Schaltungsherstellung auf InP-Basis. Die wissenschaftlich-technische Entwicklung auf dem Gebiet der InP-Technologie wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der institutionellen Förderung schon frühzeitig aufgegriffen und forciert. Die jetzt geplanten Fördermaßnahmen basieren auf dem dadurch geschaffenen Grundlagenwissen.
- Insbesondere für den erheblich gestiegenen Leistungsbedarf der Systeme in der mobilen Kommunikationstechnik sind neue Komponenten gefragt. Hier bieten die WBG-Halbleiter auf Grund ihrer physikalischen Eigenschaften (große Bandlücke) ein enormes Potenzial. Sie können bei hohen Spannungen und sehr hohen Frequenzen betrieben werden, sie verfügen über große Stromdichten und

hohe Ladungsträgergeschwindigkeiten. Bei gleichzeitiger Reduzierung der Bauelementeabmessungen lassen sich somit sehr hohe Leistungsdichten erzielen, so dass Bauelemente auf GaN- bzw. SiC-Basis prädestiniert sind für robuste und extrem leistungsstarke Verstärker. (z. B. in Mobilfunk-Basisstationen, in der Satelliten- und Telekommunikation).

- Für leistungsfähige Lichtquellen und Laser, insbesondere im Bereich Blau und Ultraviolett, wird ebenfalls das Material Gallium-Nitrid (GaN) benötigt. Die im blauen Spektralbereich emittierenden Laserdioden sowie die Mehrschicht-Disktechnologien gelten als Meilensteine zur Steigerung der Datenspeicherkapazität von optischen Speicherplatten.
- Die Forschung beinhaltet für diese Materialbereiche sowohl die Substratentwicklung (Züchtung der Basiskristalle) als auch die Entwicklung neuer Bauelemente.

■ Polymerelektronik

Wenn das Internet in Zukunft Rückgrat unserer Informationsgesellschaft wird, muss es möglich sein, auch Gegenstände des alltäglichen Lebens über das Netz zugänglich zu machen. Dafür bedarf es einer kostengünstigen Elektronik, die bei den Gebrauchsgütern beispielsweise in der Verpackung integriert ist und später mit entsorgt werden kann. Ein solches Konzept würde der Warenwirtschaft und dem Handel neue

Möglichkeiten eröffnen. Schlüsselmaterialien für diesen Bereich sind Polymere, aus denen zu extrem niedrigen Kosten elektronische Bauelemente hergestellt werden können. Im Mittelpunkt der Forschung stehen:

- kontinuierliche Herstellungsverfahren für integrierte Polymerschaltungen auf flexiblen Substraten in Identifikations-Tags. Es werden sowohl Druckverfahren als auch Rolle-zu-Rolle-Prozesse auf lithografischer Basis untersucht.
- polymere Displayansteuerungen auf flexiblen Substraten.

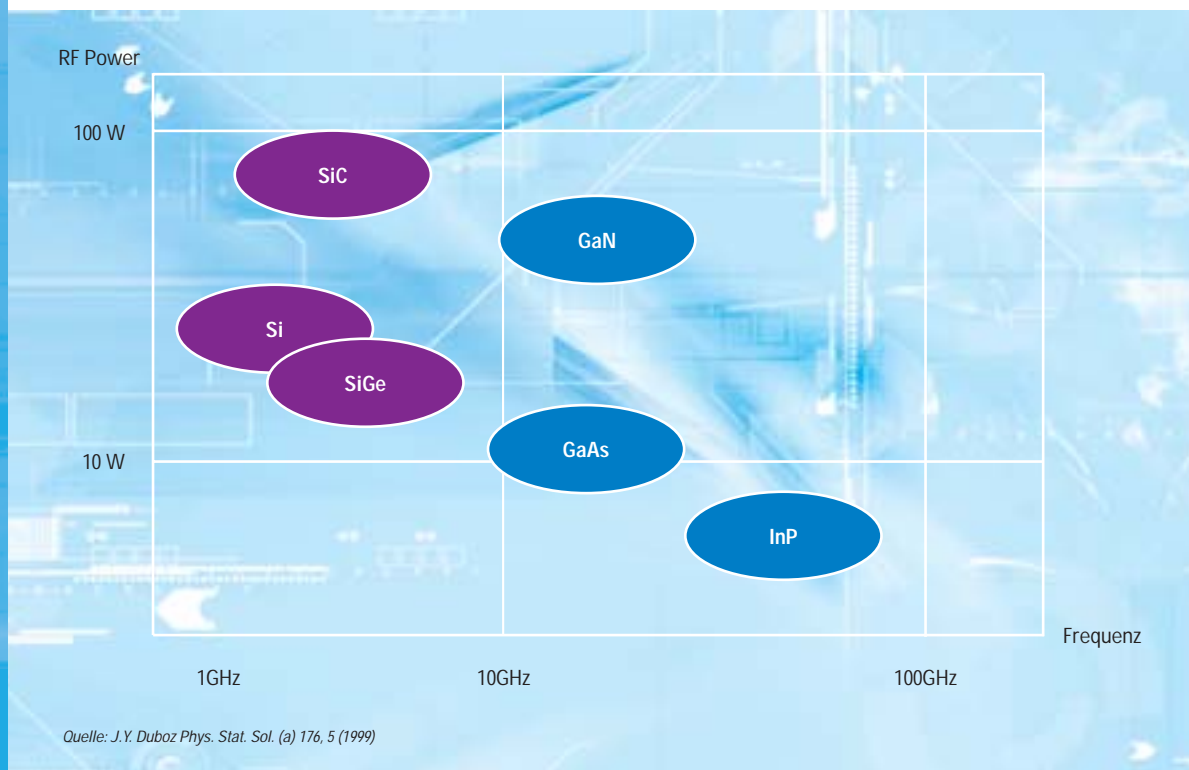
■ Photonische Kristalle

Eine Schlüsseltechnologie für die weitere Miniaturisierung optischer Komponenten sind die „Photonischen Kristalle“. Mit dieser Technologie ist es möglich, die Ausbreitungseigenschaften von Licht in Materie wellenlängenspezifisch gezielt zu beeinflussen. Damit kann Licht auch auf miniaturisierten Modulen verarbeitet werden. Im Mittelpunkt der Forschung steht die Neuentwicklung von Komponenten der optischen Nachrichtentechnik wie Multiplexern und Demultiplexern, die mit Hilfe Photonischer Kristalle in kompakterer Form oder integriert auf einem Chip ausgeführt werden können.

■ Quantenstrukturen

Die Bauelemente der Kommunikationstechnik haben mit fortschreitender Miniaturisierung Dimensionen erreicht, in denen innerhalb der Halbleiterstrukturen neue physikalische Effekte, die mit der Quantentheorie erklärbar sind, ins Spiel kommen. Es geht darum, neue Prinzipien des Schaltkreisentwurfs zu entwickeln, die im Nanobereich die dort zu berücksichtigenden Quanteneffekte ausnutzen. Es wird angestrebt, diese Effekte für die Herstellung von Transistoren, Leuchtdioden sowie Lasern zu nutzen, die wiederum Schlüsselemente der Kommunikationstechnik sind. Es geht auch darüber hinaus darum, den Elektronenspin gezielt bei der Informationsübermittlung zu nutzen. Gerade dieses Gebiet der Grundlagenforschung hat sich in den letzten Jahren besonders dynamisch entwickelt. Dies ist auch daran zu erkennen, dass die Nobelpreise für Physik mehrfach für die Entwicklung neuer Komponenten der Informationstechnik vergeben worden sind. Zu nennen sind Prof. v. Klitzing (D, Quanten-Hall-Effekt), Prof. Stoermer (D/USA) und zuletzt Prof. Kroemer (USA/D), der für die Entwicklung von Transistoren mit hoher Elektronenmobilität (HEMT) ausgezeichnet wurde.

Bild 17. Leistungsmerkmale der Halbleitermaterialien



4.4. Internet-Grundlagen und -Dienste

Das Internet hat sich mit enormen Wachstumsraten mittlerweile als ein nahezu ubiquitäres Netz etabliert. Die ersten Dienste, die sich in diesem Medium breit durchgesetzt haben (usenet, ftp, E-mail und World Wide Web), verändern bereits heute – rund 30 Jahre nach der „Erfindung“ des Internets – die Art, wie wir kommunizieren, lernen und arbeiten.

Bei Internetverbreitung und -nutzung hat Deutschland in den letzten Jahren deutlich zugelegt. Vom Sommer 1997 bis zum Sommer 2001 hat sich die Zahl der Internetnutzer in Deutschland von 4 auf 28 Millionen etwa versiebenfacht. Knapp 35 % der Deutschen nutzen das Internet. Nach einer Untersuchung, die im Auftrag der Post AG durchgeführt wurde, kaufen 14 Millionen Internetnutzer in Deutschland gelegentlich oder regelmäßig auch im Netz. Dieses Privatkundengeschäft (Business to Consumer „B2C“) spielt in Deutschland – aber auch weltweit – noch eine untergeordnete Rolle. Weltweit werden auch im Jahr 2004 die E-Commerce-Umsätze zu dem Geschäft zwischen Unternehmen (B2B, Business to Business) zuzuordnen sein.

Die Internet-Technik, basierend auf der Familie der Internet-Protokolle (IP), wird heute in Fachkreisen auch als Ausgangspunkt für das universelle Kommunikationsnetz der Zukunft gesehen. Dieses Internet der nächsten Generation ist:

- das Dienste-integrierende Kommunikationsnetz,

- die Konvergenzplattform für die Konsolidierung verschiedener Netze, vom Telefonnetz bis hin zu traditionellen Datennetzen,
- ein universelles Informationsmedium,
- eine Plattform für vielfältige Geschäfts- und Unterhaltungsanwendungen.

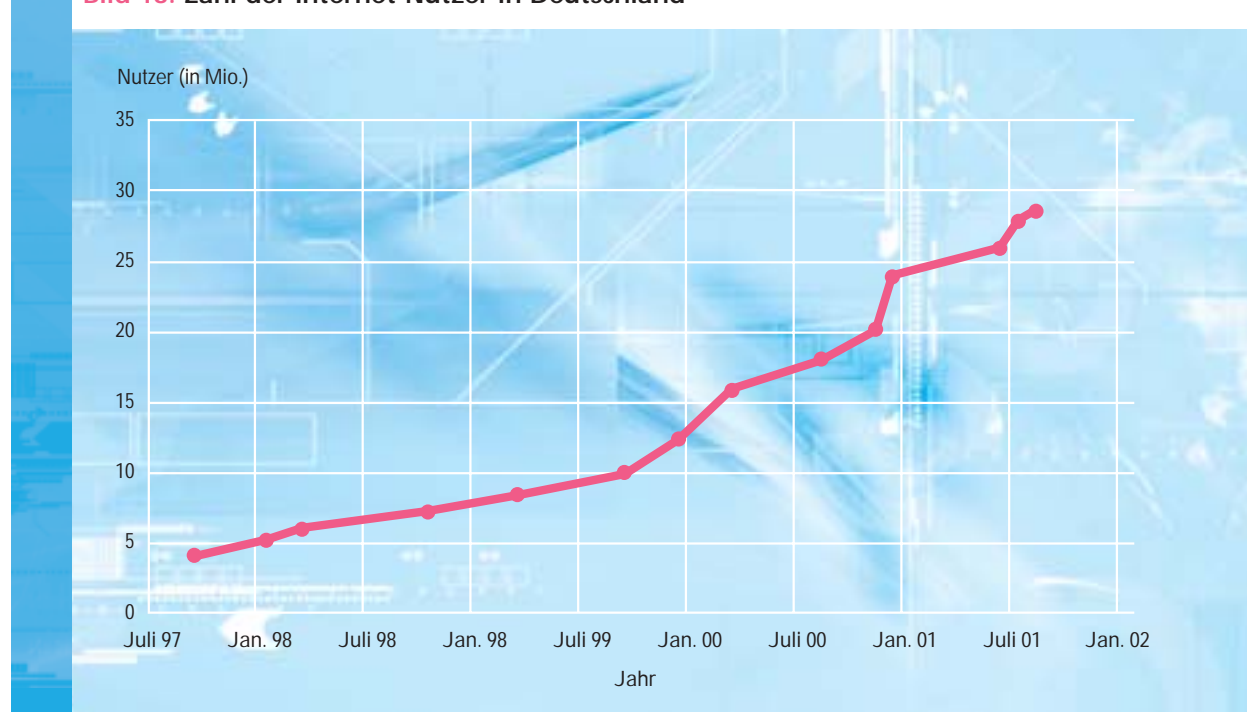
Diesen Ansprüchen wird das heutige Internet bei weitem nicht gerecht. Es bedarf neben struktureller Veränderungen vor allem auch erheblicher Forschungsanstrengungen in den Bereichen

- neuer Internettechnologien,
- Werkzeuge für die Informationsbeschaffung und Verwaltung,
- internetgestützte Prozesse.

Im hier folgenden Abschnitt geht es primär um Forschung und Entwicklung für neue Internet-Anwendungen und -dienste. Die Förderung umfasst dabei drei Themenfelder:

- neue Internettechnologien: hier geht es um F&E für internetspezifische Technologien und Standards,
- Wissen im Netz: Forschungsnetze und Dienste für die besonderen Anforderungen im Bereich von Forschung und Wissenschaft und neue Ansätze zur effizienten Organisation und Nutzung der Informationen im Internet,
- Forschung zu internetgestützten Prozessen: hier geht es um wissenschaftliche Mess-, Entwicklungs- und Steuerungsmethoden für internetgestützte Prozesse in allen Bereichen.

Bild 18. Zahl der Internet-Nutzer in Deutschland



4.4.1. Neue Internettechnologien

Ausgangslage

Bei der technischen Weiterentwicklung des Internets an der Schnittstelle zwischen Technik und Diensten spielt Europa nach wie vor eine untergeordnete Rolle. Neue internetspezifische Technologien und Standards kommen vor allem aus den USA. US-Firmen dominieren auch das Geschäft mit der Internet-Infrastruktur. Der Forschung in Europa fehlt bislang weitgehend die kritische Masse. Auch in Deutschland gibt es nur wenige Forschergruppen, die international Beachtung finden und mit der Wirtschaft zusammenarbeiten.

Handlungsbedarf und Ziele

Die bisherige Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung konzentrierte sich zunächst auf den Auf- und Ausbau der entsprechenden Forschungskapazitäten in Deutschland. Inzwischen ist es gelungen, ein starkes Netzwerk von Internet-Arbeitsgruppen aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen aufzubauen, die gemeinsam mit der Wirtschaft erste größere strategische Projekte in Angriff nehmen, die auch international Beachtung finden. Ziel dabei ist vor allem, die starke Position Deutschlands im Bereich der Telekommunikation zu nutzen, um beim Internet der nächsten Generation technisch und wirtschaftlich eine günstigere Wettbewerbsposition zu erlangen.

Forschungsthemen

■ Middleware und Protokolle für das Internet

Das Internet wurde ursprünglich nur für die Rechner- und Datenkommunikation konzipiert. Seine Technik zeichnet sich gegenüber der klassischen Telekommunikationstechnik vor allem durch Einfachheit aus. Datenpakete variabler Länge werden zwischen Netzelementen ausgetauscht, es gibt keine vorab einzurichtenden Pfade, das Netz organisiert sich weitgehend selbst.

Da jedoch alle Datenpakete gleich behandelt werden, gibt es keinerlei Garantien in Bezug auf Verzögerungen oder gar Verlust. Das Grundprinzip heißt „Best Effort“, es eignet sich bestens für den einfachen Datenverkehr, bei dem die Zustellung nicht zeitkritisch ist und verlorene Datenpakete durch Mechanismen in höheren Protokollschichten abgefangen werden können. Mechanismen zur Verringerung des Datendurchsatzes in Überlastsituationen wurden zwar ent-

wickelt, sind jedoch für Anwendungen mit kontinuierlichem und ungestörtem Informationsfluss, wie z. B. bei Sprach- und Videodiensten, nicht sehr geeignet. In der Forschung müssen daher Lösungen erarbeitet werden, die diesen erhöhten Anforderungen in Bezug auf Bandbreite, Quality of Service (QoS), Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit und Mobilität gerecht werden. Der Schwerpunkt der Forschung muss dabei auf den übergreifenden Steuerungs- und Betriebsmechanismen des Netzes liegen, die möglichst einfach gehalten werden müssen. Zu hohe Einstiegs- und Folgekosten können einen wirtschaftlichen Einsatz dieser Konzepte und Technologien stark verzögern oder sogar verhindern.

Wenn es gelingt, eine Netzplattform mit den genannten Eigenschaften zur Verfügung zu stellen, könnten neue, innovative Geschäftsideen im Dienste- und Anwendungsbereich und damit ein erhebliches, zusätzliches wirtschaftliches Potenzial erschlossen werden.

■ Mobiles Internet

Die Weiterentwicklung des Internets ist u. a. gekennzeichnet durch die Integration mobiler Zugangsmöglichkeiten und durch neue Standards für die Organisation und Kommunikation, sowie durch die Erhöhung der Bandbreite und Geschwindigkeit. Da europäische Unternehmen im digitalen Mobilfunk über eine starke Position verfügen, kann insbesondere die Verschmelzung des Internets mit dem digitalen Mobilfunk („mobiles Internet“) Chancen für europäische Internettechnologien vergrößern. Sowohl die Marktchancen der europäischen Wirtschaft im Bereich der Internetausrüstung wie auch und insbesondere in der Entwicklung innovativer Internetanwendungen könnten davon profitieren.

4.4.2. Wissen im Netz

Ausgangslage

Mit dem Ausbau der Kommunikationsnetze wächst der Bedarf, Wissen darin zu speichern, zu verarbeiten und wiederzufinden. Die Software, die im Netz bereitgestellt wird, muss deshalb künftig nicht mehr nur die Suche und das Finden von Informationen, sondern zunehmend auch den Umgang mit dem darin enthaltenen Wissen unterstützen.

Vorreiter auf diesem Gebiet sind insbesondere die Forschungsnetze und Anwendungen in der Wissenschaft. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat bereits vor fast zwei Jahrzehnten damit begonnen, die Entwicklung und den Aufbau innovativer Forschungsnetze

voranzutreiben. Mit der Gründung des DFN und dem erfolgreichen Aufbau eines deutschen Forschungsnetzes ist in Deutschland eine breite und differenzierte wissenschaftliche Forschung an und mit Kommunikationsnetzen gewachsen.

Wissenschaft und Forschung sind ohne moderne Kommunikationsnetze heute kaum noch denkbar. Das gilt keineswegs nur für die Physik oder die Astronomie, sondern genauso für die ingenieur- und geisteswissenschaftlichen Disziplinen. Die Institute und Projekte im Umfeld des DFN haben diese Entwicklung mit vorangebracht, durch den Aufbau der Netze, durch die Entwicklung von Diensten und Anwendungen. Aus der Wissenschaft kamen und kommen immer wieder Impulse auch für kommerzielle Netze und deren Nutzung.

Mit dem Gigabit-Wissenschaftsnetz steht der Wissenschaft und Forschung in Deutschland heute eines der leistungsfähigsten Kommunikationsnetze der Welt zur Verfügung. Auf dieser Basis kann die Forschung ganz neue Szenarien der Kommunikation, der Kooperation und wissenschaftlicher Anwendungen entwickeln und erproben. Wenn es gelingt, den Vorlauf in der Forschung mit den industriellen Stärken im Bereich der Kommunikationstechnik zu verbinden, dann könnten künftig Dienste und womöglich sogar Standards etwa für das mobile Internet stärker europäisch gesetzt und geprägt werden.

Handlungsbedarf und Ziele

Mit den heute üblichen Anwendungen – wie z. B. elektronische Post oder das world wide web – sind die Chancen des Internets und ähnlicher Netze bei weitem nicht vollständig erschlossen. Andere, komplexere Verfahren wie die Telekooperation, Videokonferenzen im Internet oder automatisierte Verhandlungen – beispielsweise auf der Basis von Agententechnologie – stehen heute erst am Anfang, weil sie für die Breitenanwendung noch zu aufwändig und teuer sind.

Besondere Anforderungen an die Netze, eine hohe Kompetenz und Experimentierbereitschaft der Nutzer und andere Zeit- und Kostenstrukturen machen es möglich, dass in Forschungs- und Wissenschaftseinrichtungen neue Netzstrukturen und Dienste entwickelt und erprobt werden, die dann anschließend auch die Allgemeinheit erobern.

Entsprechende Lösungen bedürfen sowohl der Grundlagenforschung und wissenschaftlicher Fundierung als auch internationaler Konzertierung und Standardisierung, um wirklich wirksam zu sein. Teilweise liegen erste Vorschläge und Standards – z. B. für die Beschreibung von Dateninhalten (XML, Dublin Core,

MPEG 7 u. a.) – vor, jedoch fehlen noch weitgehend Werkzeuge und Verfahren zum Umgang mit dem Wissen im Netz. Daher wird das Bundesministerium für Bildung und Forschung Grundlagenforschung auf diesem Gebiet


Forschungsthemen

- Sicherstellung einer weltweit hochleistungsfähigen Forschungsvernetzung in Selbstorganisation der Wissenschaft; auf der europäischen Ebene sind hier insbesondere der Ausbau von Geant, die internationale Konnektivität und die Förderung von Folgetechnologien wichtig,
- mobile Agenten (z. B. automatisierte Software, benutzerbezogene Schnittstellen, Methoden zur Realisierung von Authentifikation),
- Semantic WEB sowie Werkzeuge und Strukturen für die Beschreibung, Analyse, Filterung, Verarbeitung, Kompression und Präsentation von Informationen im Netz,
- Personalisierte Information und kontextsensitive Information im (mobilen) Internet,
- Weiterentwicklung intelligenter Suchmaschinen für wissenschaftliche Anwendungen, insbesondere unter Einbeziehung breitbandiger Anwendungen (Visualisierung von Informationen, Informationsräume und entsprechende Nutzerschnittstellen),
- Einsatz von Directory-Diensten, z. B. für Informations-Management, Verwaltung von Metadaten, Organisation von Nachrichtendiensten und Scheduling, Verfahren für Communities im Netz,
- globale Nutzerrollen- und Berechtigungsverwaltung (in heterogenen Netzen),
- Sicherheitsschnittstellen für Anwendungen in heterogenen Netzen und für künftige mobile (multimediale) Internetanwendungen,
- Verfahren, Middleware und Werkzeuge für verteiltes Rechnen und Kooperation im Internet (z. B. Grid).

4.4.3. Forschung zu Internet-gestützten Prozessen

Ausgangslage

Nach der zum Teil übereilten Interneteuphorie der letzten Jahre beginnt jetzt auf breiter Front eine stärker systematische Entwicklung von Internet-basierten Anwendungen in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Damit wird eine neue Phase im wirtschaftlich-gesellschaftlichen Strukturwandel eingeleitet, die durch eine breite Nutzung netzgestützter Prozesse gekennzeichnet ist.



Dieser Strukturwandel ist heute bereits in Ansätzen zu erkennen. In der Automobilindustrie, aber auch in anderen Branchen beginnen sich etwa Beschaffungsmarktplätze wie Covisint, Supplyon und VW Group Supply zu etablieren, die die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und ihren Zulieferern drastisch verändern. So berichtete die Volkswagen AG im November 2001 über rund 500.000 Transaktionen innerhalb des ersten Jahres und eine Verkürzung der Zeitdauer dieser Prozesse um 95 %.

Wenn wir in Deutschland die Chancen und Herausforderungen dieses Strukturwandels meistern wollen, bedeutet das, dass Kompetenz in der Gestaltung und Steuerung von netzgestützten Prozessen in großem Umfang und großer fachlicher Breite aufzubauen ist. Dies ist auch eine Herausforderung für die Wissenschaft, denn Konzeption, Entwicklung und Führung wettbewerbsfähiger internetbasierter Geschäftsprozesse erfordern entsprechende wissenschaftlich fundierte Methoden und akademische Qualifikationen.

Handlungsbedarf und Ziele

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung wird den Aufbau von Kompetenzzentren für „IT-Service-Management“ fördern, an denen sich Wirtschaft und Hochschulen beteiligen. Damit sollen Kompetenzzentren entstehen, die Wissenschaft, Praxis und Lehre integrieren und dazu beitragen, dass die Chancen des Internets in Deutschland intensiver genutzt und aktiver mitgestaltet werden. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie fördert ergänzend die Entwicklung und

Erprobung von innovativen E-Business- und E-Government-Lösungen mit dem Ziel, von der Information zur Interaktion und Transaktion sowie zur Partizipation zu gelangen. Dabei steht die optimale Verknüpfung von Wertschöpfungsketten von der Beschaffung und Fertigung bis hin zum Vertrieb und der Logistik sowie die Gestaltung von virtuellen Geschäftsbeziehungen insbesondere zwischen kleinen und mittleren Unternehmen im Mittelpunkt.

Forschungsthemen

- theoretische Fundierung und Methodenentwicklung (z.B. mathematische Simulation, Bewertungs-/Berechnungsverfahren, Kommunikation neuer IT-Dienstleistungen, Wissensökonomik, neue wissenschaftliche Ansätze der politischen/ökonomischen Internetforschung),
- formale Produktmodelle und zugehörige Themen (service level agreements, service engineering, Produktkataloge, Modellsichten, Metamodelle, Klassifizierung und Standardisierung),
- Steuerungsverfahren zu Implementation, Evaluation und Controlling von Anwendungen, Benchmarking, Audit Frameworks/haftungsrechtliche Lösungen,
- Grundlagenforschung zu Vermarktungsprozessen bei Internetanwendungen und -dienstleistungen (z.B. customer relationship management in Massenmärkten, category management, communities, signalling, Kundenbindung/Wiederkauf, Personalisierung),
- unternehmensübergreifende Integration und neue Betreibermodelle (z.B. ASP, operations management, e-enabling, application/operation hosting).

5 | Öffentliche IT-Forschungs-landschaft Deutschland

Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Trägerorganisation für Einrichtungen der angewandten Forschung in Deutschland. Sie betreibt Vertragsforschung für die Industrie, für Dienstleistungsunternehmen und die öffentliche Hand. Für Kunden aus der Wirtschaft werden einsatzreife Lösungen technischer und organisatorischer Probleme rasch und kostengünstig erarbeitet. Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt derzeit 56 Forschungseinrichtungen an Standorten in der gesamten Bundesrepublik. Rund 11 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von rund 900 Millionen Euro. Davon fallen mehr als 750 Millionen Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 60 % dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft aus Aufträgen der Industrie und öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Etwa 40 % wird von Bund und Ländern im Wege der Grundfinanzierung zur Verfügung gestellt, um Vorlaufforschung zu betreiben.

Fraunhofer-Gruppe Informations- und Kommunikationstechnik (IuK-Gruppe)

Die 15 Institute mit neun Standorten in Deutschland bilden innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft die Fraunhofer-Gruppe Informations- und Kommunikationstechnik (IuK-Gruppe) mit einem jährlichen Gesamtbudget von über 200 Mio Euro. Die IuK-Gruppe entwickelt gemeinsame Strategien und Visionen für die anwendungsorientierte informations- und kommunikationstechnische Forschung. In übergreifenden Projekten und Programmen koordiniert sie Technologietransfer und Forschungsmarketing. Konkrete Einzellösungen aus dem gesamten Spektrum informationstechnischer und mathematischer Forschung, vorausschauende Technologieentwicklung, Technologiebewertung und -beratung sind das Angebot der Fraunhofer IuK-Gruppe und ihrer Mitgliedsinstitute an ihre Partner in Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik.

Unter dem Leitthema „Leben und Arbeiten in einer vernetzten Welt“ folgt die IuK-Gruppe einer Programmatik für die anwendungsorientierte Grundlagen- und Vorlaufforschung. In den neun Programmen

- New Generation Internet,
- Software Engineering und innovative Systemarchitekturen,
- Multimodale Dialoge und neue Medien,

- Knowledge und Content Engineering,
- IT-Sicherheit,
- Computing und Biologie,
- Simulation und Virtuelles Engineering,
- Engineering und Enterprise Systems und
- Innovative Anwendungen und IT-basierte Dienstleistungen

bearbeiten die Institute gemeinsam die wesentlichen Themen der zukünftigen Informations- und Kommunikationstechnik. Dazu zählen neue Technologien für die Kern- und Zugangsnetze der kommenden Internetgeneration, für die Unterstützung persönlicher Mobilität und der Mobilität von Diensten und Endgeräten. Neue Systeme und Methoden für das Content- und Wissensmanagement werden erarbeitet, ebenso wie sichere und verlässliche Lösungen für das Handeln im Netz und neue Formen des Dialogs von Mensch und Maschine und für die netzbasierte Kooperation. Ziel sind IT-Lösungen, in denen der Mensch als Nutzer im Zentrum steht; Systeme, die Sprache, Gestik und Mimik „verstehen“ oder sogar auf Emotionen reagieren. Für die industrielle Produktentwicklung werden Computersimulationen, Visualisierung und Virtuelle Realität zu digitalen Entwicklungsumgebungen integriert, die für viele Branchen eine vollständige digitale Produktentstehung in greifbare Nähe rücken lassen. Interdisziplinäre mathematische Modellierung und innovative Algorithmen bilden dabei die Grundlage. Zudem werden Systemlösungen, die Kooperationen und Prozesse unterstützen, erforscht – vom Engineering über das E-Business bis zur Logistik.

Über den engeren Kreis der Informationstechnik hinaus werden auch Forschungsvorhaben bearbeitet, die an der Nahtstelle zu Biologie und Medizin liegen. Methoden der Informationstechnik unterstützen die chemische und molekularbiologische Forschung, etwa bei der für die medizinische und pharmazeutische Forschung wichtigen Strukturanalyse von Proteinen und ihrer Funktion im Organismus oder der Genomforschung. Prinzipien der Evolution inspirieren Algorithmen und Systementwurf, zum Beispiel für die Entwicklung autonomer Roboter.

Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik (VμE)

Neben den Instituten der IuK-Gruppe widmen sich die sieben Institute des Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik (VμE) aktuellen Fragestellungen der IT-Forschung. Seit seiner Gründung im Jahr 1996 koordiniert dieser Verbund mit derzeit insgesamt 1450 Mitarbeitern und einem Budget von 130 Mio. Euro erfolgreich die Forschungsstrategien seiner Mitgliedsinstitute.

Der Verbund Mikroelektronik befasst sich insbesondere mit Hardware-basierten Systementwicklungen

einschließlich ihrer Komponenten und Technologien. Eine marktgerechte Ausrichtung auf mehr Lebensqualität durch elektronische Assistenz bestimmt zunehmend seine Ausrichtung und stützt damit den Trend der mobilen Kommunikation in voller Breite. Die Aufnahme des Themas „ubiquitäre Elektronik“ für ca. ein Jahrzehnt ist eine logische technische Konsequenz aus der Sicht der Anwender von Mikroelektronik. Die Nachfrage der Wirtschaft nach den Leistungen des Verbundes ist durch Wirtschaftserträge in Höhe von 60 Mio. Euro belegt.

Aktuelle Themenschwerpunkte sind u. a.:

- Energieversorgungstechnologien für portable Systeme und Endgeräte
- Display-basierte Systeme (Displaytechnologien auf der Basis von Si u. OLED)
- Photonische Systeme
- Electronic Assistance
- Folientechnologien für Systemträger und Bauelemente
- Hochfrequente und optische Kommunikationssysteme
- Mikromechatronik
- Polymerelektronik („Polytronik“)
- Multimedia- und Übertragungstechnik („MP3“)
- Embedded Internet

Neben der IuK-Gruppe und dem Mikroelektronik-Verbund erbringen Institute mit Arbeitsschwerpunkten z.B. in der Fertigungstechnik, der Verkehrstechnik und Logistik oder der Photonik Beiträge zur informationstechnischen Forschung, zum Teil in Kooperation mit den IuK-Instituten.

Infos unter: www.fraunhofer.de

Fraunhofer-Gruppe Informations- und Kommunikationstechnik

AI5	Fraunhofer-Institut für Autonome intelligente Systeme, Sankt Augustin
FIRST	Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik, Berlin
FIT	Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnologie, Sankt Augustin
FOKUS	Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme, Berlin
IAO	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Stuttgart
IESE	Fraunhofer-Institut für Experimentelles Softwareengineering, Kaiserslautern
IGD	Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung, Darmstadt und Rostock
IIS-A	Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen, Angewandte Elektronik, Erlangen

IITB	Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung, Karlsruhe
IMK	Fraunhofer-Institut für Medienkommunikation, Sankt Augustin
IPSI	Fraunhofer-Institut für Integrierte Publikations- und Informationssysteme, Darmstadt
ISST	Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik, Berlin und Dortmund
ITWM	Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik, Kaiserslautern
SCAI	Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen, Sankt Augustin
SIT	Fraunhofer-Institut für Sichere Telekooperation, Darmstadt
BIOMIP	Forschungsgruppe Biomolekulare Informationsverarbeitung, Sankt Augustin

Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik (VµE)

IAF	Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik, Freiburg
IIS-A	Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen, Angewandte Elektronik, Erlangen
IIS-B	Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen, Bauelementetechnologie, Erlangen
IMS	Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme, Duisburg, Dresden und München
ISiT	Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie, Itzehoe
IZM	Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Berlin
ESK	Fraunhofer-Einrichtung für Systeme der Kommunikationstechnik, München

Weitere Kooperationspartner im Bereich der IT-Forschung

IML	Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, Dortmund
IPA	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart
IPK	Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, Berlin
IVI	Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme, Dresden
HHI	Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik, Berlin

Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V.

Die Helmholtz-Gemeinschaft verfolgt langfristige Forschungsziele des Staates und der Gesellschaft, einschließlich Grundlagenforschung, in wissenschaftlicher Autonomie. Mit der Gründung des eingetragenen Vereins „Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V.“ am 12. September 2001 sowie der konstituierenden Sitzung ihres neuen Senats und der Wahl des ersten Präsidenten am 11. Dezember 2001 hat die Helmholtz-Gemeinschaft die Phase der Umsetzung ihrer strategischen Neuorientierung eingeleitet.

Ziel der Reform dieser größten deutschen Wissenschaftsorganisation war es, ihr enormes wissenschaftliches Potenzial in konzentrierter Forschung noch effizienter zu nutzen, um Lösungsbeiträge zu den großen, komplexen Problemen und Herausforderungen in ihren Forschungsbereichen zu leisten. Die Helmholtz-Gemeinschaft will dazu in konzentrierter Forschung ihre Kräfte programmatisch bündeln, den Wettbewerb verstärken, die Kooperation und Vernetzung mit der Wissenschaft, insbesondere mit den Hochschulen und mit der Wirtschaft systematisch ausbauen und ihre Rolle in Europa stärken: Die HGF will zu einer dynamischen Kraft beim Aufbau des europäischen Forschungsraumes und zu einer tragenden Säule dieses Raumes werden. Die Forschungszentren Jülich und Karlsruhe sind primäre Ansprechpartner für den IT-Bereich bei der Helmholtz-Gemeinschaft.

Forschungszentrum Jülich

Der Schwerpunkt Information im Forschungszentrum Jülich (www.fz-juelich.de) dient einerseits der Vorbereitung neuer Technologien für die Informationstechnik von übermorgen. Daneben konzentrieren sich die Arbeiten auch auf den Einsatz von Höchstleistungsrechnern im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens in Forschung und Entwicklung.

Das Vorhaben Materialien, Prozesse und Bauelemente für die Mikro- und Nanoelektronik umfasst die Informationsverarbeitung in Logikbauelementen, die Informationsspeicherung in Random Access Memories (RAM) und Massenspeichern und die Informationsübertragung auf Chip- und Systemebene sowie über große räumliche Entfernungen. Hinzu kommt der spezifische Bereich der Sensorik als Schnittstelle zur realen Außenwelt. Die Forschungsthemen ergeben sich aus den Herausforderungen, die sich aus der Weiterentwicklung der Mikroelektronik und dem Einstieg in die Nanoelektronik ableiten lassen und aus dem Potenzial für neuartige Funktionen wie beispielsweise das anorganisch-biologische Interface zum

Informationsaustausch zwischen Mikroelektronik und Nervenzelle.

Der Forschungsbereich ist an der Schnittstelle zwischen der reinen Grundlagenforschung und der anwendungsnahen Entwicklung angesiedelt. Er trägt ausgeprägte interdisziplinäre Züge, indem er die Festkörperphysik, die anorganische Chemie, die Prozesstechnik, die Informatik, verschiedenste Bereiche der Analytik sowie der Theorie miteinander verbindet. In Zukunft wird das Spektrum um die Biochemie und die Molekularbiologie erweitert werden.

Die Methoden und Systeme der Informationstechnik in Jülich sind vornehmlich geprägt durch die hohen Anforderungen vieler Forschungsvorhaben des Forschungszentrums Jülich an die Experiment-Datenerfassung und -verarbeitung sowie durch die Nachfrage nach verbesserten Möglichkeiten elektronischer Kommunikation und neuen mathematischen Verfahren höherer Effizienz und ihre Umsetzung in Software für die Modellierung und Computersimulation. Das Vorhaben ist mit der Entwicklung und Erforschung leistungsfähiger Methoden und Techniken befasst, die einerseits als Vorlaufforschung wesentliche Beiträge zu den FE-Arbeiten der Institute und Projekte des Forschungszentrums Jülich liefern und andererseits zur Stärkung der informationstechnischen Innovation und zur Förderung des wissenschaftlichen und technischen Nachwuchses in Deutschland beitragen.

In den letzten Jahrzehnten haben sich Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik zur strategischen Disziplin des Wissenschaftlichen Rechnens entwickelt. Ihr Fokus zielt auf komplexe Systeme, d. h. auf Probleme, die mit analytischen Methoden oder mit den üblichen Computer-Ressourcen nicht gelöst werden können. Ihre Technik ist die Simulation, ihr Instrument der Supercomputer, ihr Hilfsmittel die Visualisierung. Die Erforschung und Entwicklung neuer Konzepte, Methoden und Techniken des Höchstleistungsrechnens ist Ziel des FE-Vorhabens Betrieb und Weiterentwicklung der Höchstleistungsrechner, mit dem sich das Forschungszentrum Jülich und das John-von-Neumann-Institut für Computing (NIC) hervorragend innerhalb der Gruppe der deutschen und internationalen Höchstleistungsrechenzentren positionieren.

Forschungszentrum Karlsruhe

Im Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (FZK) (www.fzk.de) sind die FuE-Arbeiten zur Entwicklung von Mikrosystemen seit 1992 in dem Programm Mikrosystemtechnik (MIKRO) organisiert. In diesem Programm sind etwa 230 Mitarbeiter aus zehn Instituten beschäftigt. Im FuE-Programm von MIKRO konzentrieren sich die Arbeiten auf die Entwicklung

der Fertigungstechnologien und Materialien (die Basistechnologien sind Mikrostrukturierungstechniken, Materialentwicklung, Systemaufbau) und auf Anwendungsfelder, die einerseits eine schnelle und marktnahe Umsetzung ermöglichen, andererseits auch noch langfristige Entwicklungsarbeiten erfordern (Elektronische Nasen, Mikroverfahrenstechnik, Mikrooptik sowie Proteinanalytik und Mikrofluidik). Die Programmleitung Mikrosystemtechnik ist Ansprechpartner für die institutsübergreifende Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen und der Industrie sowie Koordinator der externen und FZK-internen Arbeiten zur Mikrosystemtechnik. Beiträge zu MIKRO kommen aus den nachstehenden Instituten des Forschungszentrums Karlsruhe:

- **Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT):**
Mikrostrukturierung nach dem LIGA-Verfahren (UV- und Röntgentiefenlithographie einschließlich der Maskentechnologie, Galvanik und Abformung); Mikrooptik für die Telekommunikation und Sensorik; Proteinanalytik und Mikrofluidik. Das IMT ist nach ISO 9001 zertifiziert.
- **Institut für Materialforschung (IMF):**
Funktionskeramiken; „Smart Materials“ in Dünnschichttechnik; verschleißbeständige und biokompatible Schutzschichten; Prozesstechnik für mikrosystemkompatible Verarbeitung neuer Werkstoffe; Analysemethoden und Prüftechniken für Mikrokomponenten; Simulation und Optimierung des Bauteilverhaltens.
- **Institut für Instrumentelle Analytik (IFIA):**
Sensorsysteme für Gase (sog. Elektronische Nasen) auf der Basis von Metalloxid- und Surface-Acoustic-Wave-Sensoren; Proteinanalytik.
- **Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE):**
Mikroelektronik; Aufbau- und Verbindungstechnik für Mikrosysteme; Entwicklung von Signalverarbeitungskonzepten.
- **Institut für Angewandte Informatik (IAI):**
Rechnergestützte Methoden und Werkzeuge für Entwurf, Modellierung und Test von Mikrosystemen; rechnergestützte Mikromontage.
- **Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT):**
Entwicklung der mechanischen Mikrostrukturierungstechnik; Entwicklung von Mikrostrukturapparaten (z.B. Mikroreaktoren) für die chemische und thermische Verfahrenstechnik sowie deren Einsatz für innovative, sichere und ressourcenschonende Prozessführungen.
- **Institut für Kern- und Energietechnik (IKET) sowie Institut für Reaktorsicherheit (IRS):**
Modellierung und experimentelle Validierung der entwickelten Computercodes für die Berechnung von Strö-

mungen in Mikrokanälen (Lab-on-chips und Mikroreaktoren).

- Institut für Medizintechnik und Biophysik (IMB):
Entwicklung und Anwendung von Mikrozell-Containern.
- Institut für Toxikologie und Genetik (ITG):
Proteinanalytik.

Neben den Instituten wird der Transfer der erarbeiteten FuE-Ergebnisse durch folgende Organisationseinheiten unterstützt:

- Forschungszentrum Karlsruhe IndustrieForum Mikrofertigungstechnik (FIF):
Gegen einen Jahresbeitrag erhalten die Mitgliedsunternehmen des FIF einen besonderen Zugriff auf das Know-how des Forschungszentrums in Form eines speziellen Leistungsangebots.
- Zentrum Werkstoffe der Mikrotechnik (ZWM):
Im Rahmen dieses von Bund und Land besonders – auf Zeit – geförderten Kompetenzzentrums werden für die Industrie innovative und wirtschaftlich attraktive Problemlösungen aus dem Bereich der Materialien erarbeitet

Infos unter: www.helmholtz.de

Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.

Die Institute der Max-Planck-Gesellschaft (MPG) betreiben natur-, sozial- und geisteswissenschaftliche Grundlagenforschung im Dienste der Allgemeinheit mit dem Ziel, Schwerpunkte exzellenter Forschung in bestimmten Forschungsbereichen in Ergänzung zur Forschung an Hochschulen und anderen Forschungsorganisationen zu bilden. Ein besonderes Anliegen der MPG ist die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Viele der in den Instituten der MPG bearbeiteten Themen sind mittel- oder unmittelbar für die Informationstechnik relevant.

Im Bereich Hardware tragen vor allem die materialwissenschaftlich orientierten Institute durch grundlagenorientierte Forschungsarbeit zur Neu- und Weiterentwicklung von Werkstoffen und Prozessen für die Fertigung von Komponenten und Systemen der Mikro- und Optoelektronik bei. Im Rahmen der Verbundforschung, aber auch begründet durch rein wissenschaftliche Fragestellungen arbeiten vor allem die folgenden Institut mit erheblichen Teilen ihrer Potenziale an diesen Themen: MPI für Metallforschung, MPI für Festkörperforschung, MPI für Mikrostrukturphysik und MPI für Polymerforschung. Zur Lösung spezifischer Anwendungsprobleme tragen mit ihrer wissenschaftlichen Forschung auch die Max-Planck-Institute für Physik, für Kernphysik, für Plasmaphysik, für Quantenoptik, für Polymerforschung und für Astrophysik zum Fortschritt bei.

Grundlegende Beiträge im Bereich Software liefert vor allem das Max-Planck-Institut für Informatik durch die Weiterentwicklung logischer Constraintsprachen und Programmierwerkzeuge. Grundlagenwissen entsteht aber auch in den Max-Planck-Instituten für Mathematik, für Mathematik in den Naturwissenschaften, für Physik komplexer Systeme und für Gravitationsphysik sowie in einer Reihe von theoretischen Abteilungen anderer Max-Planck-Institute. Hinzu kommen Forschungsarbeiten zu Grundlagen neuronaler und kognitiver Prozesse, zum Beispiel in den Max-Planck-Instituten für biologische Kybernetik, für experimentelle Medizin, für neurologische Forschung, für Psycholinguistik, für Hirnforschung, für neuropsychologische Forschung und für Biochemie. Hingegen wird die Entwicklung von Software, die auch für andere Anwender nützlich sein kann und zugänglich gemacht werden kann, innerhalb der MPG nur von wenigen Forschungsgruppen systematisch betrieben.

Aus der Forschungsarbeit natur- und biowissenschaftlicher Max-Planck-Institute gehen auch immer wieder wesentlich neue Impulse für die Mikrosystemtechnik hervor. Das betrifft insbesondere die Grundlagen für neue Sensor-, Mess- und Medizintechnik.

Institute der Geisteswissenschaftlichen Sektion der Max-Planck-Gesellschaft beschäftigen sich mit den gesellschaftlichen Auswirkungen und den Rahmenbedingungen der neuen Technologien. So widmen sich rechtswissenschaftliche Institute den Fragen des Datenschutzes und des Patent- und Urheberrechts. Das Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung hat einen Schwerpunkt in der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung der Entwicklung des Telekommunikationsbereichs, das MPI für psychologische Forschung beschäftigt sich unter anderem mit dem Einsatz und der Wirkung von Computern im Schulunterricht.

Innovative Entwicklungen im Bereich der wissenschaftlichen Informationsversorgung und der elektronischen Aufbereitung und Kommunikation wissenschaftlicher Inhalte werden von dem Heinz Nixdorf Zentrum für Informationsmanagement in der MPG erwartet, welches zum 1. September 2001 seine Arbeit aufgenommen hat. Im Rahmen seiner allgemeinen Aufgaben der Koordination, Beratung zum Aufbau geeigneter Infrastrukturen und Entwicklung von Softwaretools, sind an dem Zentrum auch weitergehende Forschungsprojekte in Zusammenarbeit mit einzelnen Max-Planck-Instituten und externen Partnern geplant; z. B. zur Anreicherung elektronischer wissenschaftlicher Dokumente mit semantischen Strukturen sowie zur Informationserschließung.

Infos unter: www.mpg.de

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, mit Standorten in Kaiserslautern und Saarbrücken, ist eine privatrechtliche GmbH mit gemeinnützigem Status. Unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Wahlster hat das Zentrum an beiden Standorten zusammen vier weitere wissenschaftliche Direktoren, die Lehrstühle an den jeweiligen Hochschulen haben. Die beiden Universitäten in Kaiserslautern und in Saarbrücken sind Gesellschafter des Zentrums. Weitere Gesellschafter sind sieben Unternehmen und eine Forschungseinrichtung.

Das DFKI hat 140 wissenschaftliche Mitarbeiter und einen Etat von derzeit etwa 15 Mio. Euro. Davon erhält es etwa 2,5 Mio. Euro aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Rahmen einer Projektförderung, die zum Erhalt der Grundlagenforschung am Zentrum dient. Einen entsprechenden Projektumfang für die Vorlaufforschung enthält das Zentrum (zusammen) von den beiden Ländern Rheinland-Pfalz und Saarland. Es akquiriert im freien Wettbewerb Forschungsprojekte des Bundes, der Europäischen Union und der Industrie, für die es ein gesuchter und in Europa, insbesondere auch bei der Europäischen Kommission, anerkannter Partner für FuE-Projekte ist.

Schwerpunkte der Forschung am DFKI sind intelligente Benutzerschnittstellen, Sprachtechnologie, Wissensmanagement, Multiagenten- und Deduktionssysteme sowie intelligente Visualisierungs- und Simulationssysteme. Für die wissenschaftliche Leitung des Projekts VERBMobil zur Erkennung und Übersetzung frei gesprochener Sprache erhielt Prof. Wahlster im Jahr 2001 den Zukunftspreis des Bundespräsidenten.

Infos unter: www.dfki.de

Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz e.V.

Die Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz e.V. – die Leibniz-Gemeinschaft – ist der Zusammenschluss von derzeit 78 wissenschaftlich, rechtlich und wirtschaftlich eigenständigen Forschungsinstituten und wissenschaftlichen Serviceeinrichtungen in Deutschland, die nach dem Modell der „Blauen Liste“ von Bund und Ländern gemeinsam finanziert werden. Sie koordiniert gemeinsame Interessen der Mitgliedseinrichtungen, stärkt die Zusammenarbeit in Forschung und Wissenschaft, fördert den wissenschaftlichen Nachwuchs und

entwickelt gemeinsame Instrumente zur Qualitätssicherung und Effizienzsteigerung ihrer Mitglieder. Für die Informations- und Kommunikationstechnik sind insbesondere nachfolgende Einrichtungen relevant:

Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
12486 Berlin, Max-Born-Straße 2

Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik
und Kurzzeitspektroskopie (MBI)
12486 Berlin, Max-Born-Straße 2a

Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik (PDI)
10117 Berlin, Hausvogteiplatz 5–7

Ferdinand-Braun-Institut für
Höchstfrequenztechnik (FBH)
12489 Berlin, Albert-Einstein-Str. 11

Institut für Halbleiterphysik (IHP)
Frankfurt/Oder GmbH
15236 Frankfurt/Oder, Im Technologiepark 25

Weierstraß-Institut für Angewandte
Analysis und Stochastik (WIAS)
10117 Berlin, Mohrenstraße 39

Infos unter: www.wgl.de

6 | Finanzmittel für „IT-Forschung 2006“

Angaben in Tausend Euro

	2002	2003	2004	2005	2006	Summe
IT - Projektförderung (Forschung)						
1. Nanoelektronik und Systeme	77.500	79.500	79.500	79.500	79.500	395.500
2. Softwaresysteme	50.000	55.700	55.700	55.700	55.700	272.800
3. Basistechnologien für die Kommunikationstechnik	54.500	57.000	57.000	57.000	57.000	282.500
4. Internet – Grundlagen und Dienste	26.600	31.200	30.900	30.900	30.900	150.500
nachrichtlich:						
a. Mikrosystemtechnik	55.500	59.000	59.000	59.000	59.000	291.500
b. „UMTS“-Mittel für Softwaresysteme und Internet	32.400	28.600	0	0	0	61.000
	Summe:					1.453.800

IT – Institutionelle Förderung im Zeitraum 2002 - 2006 (Plan- und Schätzwerte)	
1. FhG	810.000
2. HGF	340.000
3. WGL	190.000
4. DFG	140.000
5. MPG	40.000
	Summe: 1.520.000

Gesamtmittel des BMBF im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik	
1. IT-Projektförderung (Forschung)	1,5 Mrd. €
2. IT-Institutionelle Förderung	1,5 Mrd. €
3. Anwendungsbereich Projektförderung in "IT in der Bildung"	0,6 Mrd. €
	Summe: 3,6 Mrd. €

7 | Projektträger des BMBF

a) Projektträger für Informationstechnik (PT-IT) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Themenfeld	Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V.	
	Linder Höhe, 51147 Köln	Rutherfordstr. 2, 12489 Berlin
Nanoelektronik und Systeme		Prof. Dr.-Ing. habil. Werrmann 030/67055-720
Softwaresysteme		Dr. Wolf 030/67055-740
Basistechnologien für die Kommunikationstechnik	Herr Schmidt 02203/601-3642	
Internet – Grundlagen und Dienste		Dr. Weigmann 030/67055-760

Infos unter: www.dlr.de/IT

b) VDI-Technologiezentrum

Themenfeld	VDI-Technologiezentrum Graf-Recke-Straße 84, 40239 Düsseldorf	
Magnetoelektronik, Spintronik	Dr. Dreßen 0211/6214-580	Dr. Böltau 0211/6124-465

Infos unter: www.vditz.de

c) Projektträger für Informationstechnik (PT-IT) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Themenfeld	Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V. Linder Höhe, 51147 Köln	
Multimedia, Unternehmensgründungen, Pilotanwendungen und Best-Practice, Telekooperation, Sicherheit und Bedienungs-freundlichkeit durch Technik	Herr Wältring 02203/601-3671	

Infos unter: www.pt-multimedia.de

Allgemeine Auskünfte zur Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung erhalten Sie bei der Auskunftsstelle BMBF-Förderung:

Forschungszentrum Jülich GmbH – PTJ –

Wallstr. 17–22, 10179 Berlin

Tel.: 01888-572711, Fax: 01888-572710

E-mail: beo1101.beo@fz-juelich.de

Infos unter: www.fz-juelich.de/ptj/bmbf_auskunft_home.html

8 | Glossar der verwendeten Begriffe

■ Ad-Hoc-Netze

(Funk-) Netze, die sich ohne feste Infrastruktur selbst verwalten.

■ Adaptive Softwaresysteme

Softwaresysteme, die sich eigenständig an die jeweiligen Kontextbedingungen anpassen.

■ Affective Computing

Neues Forschungsgebiet der Informatik; befasst sich mit der Rolle von Emotionen des Menschen bei der Aufnahme von Informationen, beim Denken usw. und bei der Strategie des Computers im Dialog mit dem Menschen; von besonderer Bedeutung für das Forschungsfeld der Mensch-Technik-Interaktion.

■ Agenten

Im „Netz“ werden diejenigen Programme als Agent bezeichnet, die über „Intelligenz“ und Lernfähigkeit verfügen.

■ Anwendung

Programm/Dienste zur Lösung bestimmter Aufgaben und zum Erstellen von Dokumenten, wie z.B. Textverarbeitungs- oder Tabellenkalkulationsprogramme, Telefon, Suchmaschinen

■ ASIC

Anwenderspezifischer Integrierter Schaltkreis (Application Specific Integrated Circuit).

■ Application Service Provider („Anwendungsdienstleister“).

Dies sind Unternehmen, die für andere Unternehmen die Nutzung von Computer-Anwendungen organisieren.

■ Aspektorientierte Softwareentwicklung

Neue Programmiermethodik mit dem Ziel, Software in einer besseren logischen Struktur zu erstellen.

■ Autostereoskopische 3-D-Display

Displays, die ohne weitere Hilfsmittel (z. B. Brille) ein dreidimensionales Bild erzeugen.

■ B2B

Business-to-Business – bezeichnet elektronische Geschäftsbeziehungen von Unternehmen untereinander. B2B-Funktionen umfassen u. a. Kataloge mit Kundeninformationen, Funktionen zur Auftragseingabe, hochentwickelte Internet-Autorisierung.

■ B2C

Business to Consumer – bezeichnet elektronische Geschäftsbeziehungen („e-commerce“) zwischen Unternehmen und Konsumenten – die bekannteste Form von B2C ist der Online-Shop.

■ Backend-Prozesse

Wafertest, Bonden und Verpacken bzw. Gehäuseaufbau (Packaging) des Chips bis hin zum Endtest des verkaufbaren Bauelements (oft auch als Aufbau- und Verbindungstechnik bezeichnet).

■ Bandbreite

Spektrum (Frequenz), das für die Übertragung von Daten über ein Medium (Luftschnittstelle, Glasfaser) benötigt wird.

■ Bandbreiteneffizienz

Effizienz, mit der die vorhandene Bandbreite für die Datenübertragung genutzt werden kann; wird in Bit/s / Hz (Bit pro Sekunde pro Hertz) angegeben.

■ best effort

Beste Datenverbindung unter gegebenen Netzbedingungen. Meist wird damit ausgedrückt, dass die beteiligten Partner einer Kommunikation im Internet keine Verantwortung für das Netz selbst und daher auch keine Verantwortung für das Ergebnis ihrer Kommunikation (z. B. hinsichtlich der Güte der Übertragung) übernehmen können. Der Gegensatz dazu sind sog. „Service Level Agreements“, bei denen die Beteiligten sich zur Einhaltung bestimmter objektiver Gütekriterien („quality of service“) verpflichten.

■ Burst Switching

Spezielle Vermittlungsmethode in der optischen Datenkommunikation, bei der eine Vielzahl von Datenpaketen auf einmal vermittelt wird.

■ CASE

Abkürzung für „Computer Aided Software Engineering“.

■ category management

auf die Lebenslagen der Kunden (und nicht auf die Produktkategorien) bezogene Organisation von Angeboten im Handel.

■ CDMA-Verfahren

Code Division Multiple Access; spezielles Signalcodierungsverfahren, das u. a. bei UMTS genutzt wird.

■ Chip

Bauelement, welches den integrierten Schaltkreis enthält. Beispiele sind DRAM, Mikroprozessor oder ASIC.

■ Chipentwurf, Schaltungsentwurf

Strukturierte Umsetzung von elektrischen und logischen Spezifikationen des gewünschten ICs oder Schaltungssystems in Fertigungsunterlagen, z. B. in Maskensätze, die die geometrischen Strukturen der integrierten Schaltung beinhalten. Diese werden durch Litho-

grafie und weitere technologische Schritte auf den Wafer übertragen.

■ **Chipkomplexität**

Verbindung von mehreren unterschiedlichen Funktionen (wie Sensorik, Verarbeitungselektronik, Speicher, Sender), Schaltungsarten (analog, digital) oder Systemen (Elektronik, Optik, Mechatronik) auf einem Chip, i. d. R. mit einer großen Anzahl von Transistoren verknüpft.

■ **CMOS-Technik**

Grundlegende Schaltungstechnik für integrierte Schaltkreise (complementary metal oxide semiconductor). Die weitaus meisten Silizium-IC werden derzeit in CMOS-Technik hergestellt.

■ **communities**

virtuelle Gemeinschaften im Internet aufgrund ähnlicher Interessen.

■ **Community Learning**

Zielgruppenorientierte Aus- und Weiterbildung.

■ **Constraint Technology**

(KI-)Methoden zur logischen Programmierung auf der Basis von Randbedingungen für das Problem.

■ **customer relationship management**

Pflege und Organisation von Kundenbeziehungen; im Internet-Kontext werden damit i. d. R. Systeme bezeichnet, die Unternehmensdaten so organisieren, dass die Information und Beziehung zum Kunden dabei im Mittelpunkt steht.

■ **Data Mining**

Durchsuchen (sehr) großer Datenbestände und Erkennen von Wissenszusammenhängen.

■ **Datenpaket**

Ein Datenpaket ist eine im Rahmen eines Datennetzes definierte Anordnung von Zeichen, die bei Übertragungsdiensten mit Datenpaketvermittlung als Einheit behandelt wird.

■ **Datenrate**

Die Übertragungskapazität von Kommunikationssystemen, die im allgemeinen in Bit/s (Bit pro Sekunde) bzw. in Mbit/s (MegaBit pro Sekunde) angegeben wird.

■ **DFN**

Deutsches Forschungsnetz – das rechnergestützte Informations- und Kommunikationssystem für Wissenschaft, Forschung und Bildung in Deutschland, das vom DFN-Verein betrieben wird (www.dfn.de).

■ **Dienst**

In einem Netzwerk wie z. B. dem Internet ist ein Dienst eine Anwendung, die im Netz allen angeschlossenen Computern zur Verfügung steht. Im Internet gibt es die verschiedensten Dienste, z. B. das "World Wide Web", e-mail, Newsgroups etc.

■ **DLP**

Digital Light Processing; Bezeichnung für den Vorgang, bei dem das Licht einer Projektionslampe auf einen DMD-Chip geworfen und von dort auf eine Leinwand projiziert wird.

■ **DMD**

Digital Micromirror Devices; Herzstück der DLP-Technologie; Chip mit über 500.000 beweglich gelagerten Mikrospiegeln.

■ **DRAM**

Dynamic Random Access Memory, Chip mit Arbeitsspeicher (Schreib-Lese-Speicher).

■ **DSL**

Digital Subscriber Line; breitbandige Datenübertragung auf Standard-Kupferleitungen.

■ **Designfähigkeit**

Fähigkeit, fertigungstechnisch potenziell herstellbare Schaltkreise bei optimaler Nutzung der verfügbaren Entwurfstechnologien in einen adäquaten Schaltungsentwurf umzusetzen.

■ **Design-Gap**

Lücke zwischen der Komplexität von Schaltkreisen, die fertigungstechnisch machbar wären und derjenigen Komplexität, die im Schaltungsentwurf tatsächlich jeweils noch beherrschbar ist.

■ **Directory**

Verzeichnis; im Internet sind damit meist Verzeichnisse über Internetadressen gemeint, aufgrund derer die Informationen an ihr Ziel gelangen („geroutet“ werden) können

■ **Dublin Core**

Ein offener, internationaler Prozess, dessen Ergebnis eine Zusammenstellung von fünfzehn fundamentalen Elementen ist, die zur Beschreibung digitaler und nicht-digitaler (physischer) Informationsquellen dergestalt dienen, dass deren späteres Wiederauffinden als Ergebnis einer gezielten Suche ermöglicht wird.

■ **e-mail**

Electronic Mail (elektronische Post), einfachste Grundfunktion von Computernetzen, im Internet der am meisten genutzte Dienst

■ **e-services**

Elektronische Dienste. Dienstleistungen über ein Netz (meistens Internet), z. B. ASP.

■ **Elektronic Design Automation (EDA)**

(Elektronische Entwurfsautomatisierung) Computergestützter, weitgehend automatischer Entwurf komplexer Schaltungen bzw. ganzer Systeme von der Erstellung einer Spezifikation bis hin zum serienproduzierbaren Ergebnis.

■ **Entwurfsproduktivität**

Anzahl aller Logikgatter bzw. anderer Schaltungsfunktionen, welche pro Entwickler innerhalb eines Jahres in funktionierende Chips umgesetzt werden.

■ **Elektronenspin, Spin**

Elementareigenschaft des Elektrons, die Grundlage aller magnetischen Effekte ist.

■ **EMVU**

Elektromagnetische Umweltverträglichkeit.

■ **ftp**

file transfer protocol, bezeichnet neben dem Übertragungsprotokoll auch den Internet-Dienst, der mit diesem Protokoll realisiert wird. Er ermöglicht den Transfer von Daten/Dateien zwischen verschiedenen Computern respektive speziellen „file“-Servern über das Netz.

■ **Frontend-Prozesse**

Halbleitertechnologische Herstellung der Strukturen von integrierten Bauelementen auf dem Wafer bis hin zur Leiterbahn-Metallisierung (Waferprozessierung).

■ **Generative Programmierung**

Erzeugung von Programmen und Programmteilen aus vorgegebenen Spezifikationen.

■ **GRID**

„Gitter“; damit wird heute meist die Idee von einem Zusammenwirken vieler Rechner in einem organisationsübergreifenden Netz (wie dem Internet) bezeichnet.

■ **Grid Computing**

Transparente Nutzung von leistungsfähiger nicht lokal vernetzten Hard- und Software-Ressourcen.

■ **GSM**

Das Global System for Mobile Communication ist der heute weltweit vorherrschende Standard für den digitalen Mobilfunk, auf dem auch alle deutschen Mobilfunknetze basieren. Die Datenübertragungsrate beträgt 9,6 Kbit/s.

■ **Haptik**

Lehre vom Tastsinn.

■ **heterogene Netze**

Schnittmenge von Netzen mit gleichartiger Funktion, aber unterschiedlicher technologischer Realisierung und Struktur.

■ **HiPerLAN/2**

High Performance Local Area Network; Funkübertragungsstandard für den Nahbereich in einem Frequenzband oberhalb 5 GHz mit bis zu 25 Mbit/s Nettodatenrate.

■ **IC**

Integrierter Schaltkreis (integrated circuit).

■ **Information Retrieval**

Wiederauffinden von Informationen, vor allem bei vagen Anfragen und unsicherem Wissen.

■ **Integrationsgrad**

Anzahl der Funktionselemente, z.B. Transistoren, auf einem Chip; der Pentium-P6-Chip besteht z.B. aus ca. 10 Millionen Transistoren, der Athlon-K7-Prozessor sogar aus rd. 22 Mio. Transistoren.

■ **Intellectual Properties**

„geistiges Eigentum“, Standards, Schaltungsentwürfe, Beschreibungen elektronischer Funktionsblöcke, Software- und Entwurfswerkzeuge, die vom Besitzer in eigenen Schaltungsentwicklungen wiederverwendet oder Dritten zur Verwendung angeboten werden. Intellectual Properties können durch Schutzrechte (z.B. Patente) gesichert werden.

■ **Internet**

Gesamtheit aller weltweit zusammengeschlossenen Computernetzwerke, die nach einem standardisierten Verfahren (u.a. IP-Protokoll) miteinander kommunizieren.

■ **Interoperable Software**

Fähigkeit von Softwaresystemen unterschiedlicher Herkunft, miteinander kommunizieren zu können.

■ **IP**

Netzwerkprotokoll, das Datenpaketen Adressinformationen hinzufügt, die es u.a. ermöglichen, die Datenpakete wegunabhängig zuzustellen („zu routen“), die Unversehrtheit zu prüfen und den Empfang zu kontrollieren. Eines der Protokolle, auf denen das Internet basiert.

■ **IPv6**

Internet Protocol Version 6, erweitert den Internet-Adressbereich von 32 Bit auf 128 Bit und die Funktionalität des Protokolls. Das Protokoll ist derzeit noch nicht eingeführt.

■ **ITRS Roadmap**

Die Vereinigung der US-Halbleiterindustrie (Silicon Industries Association, SIA) erstellt im Abstand von zwei bis drei Jahren eine 15-Jahres-Prognose, die sogenannte ITRS-Roadmap (International Technology Roadmap for Semiconductors) für die Entwicklung aller wesentlichen technischen, technologischen und ökonomischen Mikroelektronikdaten.

■ **Kernetze**

Zentraler Teil des Kommunikationsnetzes, in dem Sprache und Daten mit höchster Geschwindigkeit über weite Strecken übertragen werden.

■ **KMU**

Kleinere und mittlere Unternehmen.

■ **Knowledge Based Engineering**

Ingenieurmäßige Erstellung wissensbasierter Systeme.

■ Knowledge Discovery

Methoden zur Datenanalyse mit dem Ziel, versteckte Zusammenhänge zu finden oder zu visualisieren.

■ Leistungselektronik

Teilgebiet der Mikroelektronik, in dem die aktiven Bauelemente hauptsächlich Schalterfunktion besitzen und entweder für die Ansteuerung von verschiedenartigen Aktoren (wie z.B. in der Kfz-Elektronik) oder für die Formung und Steuerung großer Ströme oder hoher Leistungen eingesetzt werden.

■ LC- Display

Liquid Crystal Display; Flüssigkristall-Anzeige; Technisches Prinzip zur Realisierung flacher Bildschirme.

■ LCOS

Liquid Crystal on Silicon; reflektive Mikrodisplays auf Siliziumbasis.

■ LED

Light emitting Diode; Licht emittierende Diode.

■ Lithographie

Verfahren in der Halbleitertechnologie zur Übertragung der Strukturdetails aus dem Schaltungsentwurf auf den Chip. Meist kommt das Prinzip der optischen, verkleinernden Projektion mehrerer „Dias“ (Belichtungsvorlagen, die das Abbild des Chips enthalten) auf den Wafer zum Einsatz. Da die minimal erreichbaren Strukturabmessungen in erster Linie durch die Lithographie bestimmt werden, kommt ihr bei der Performancesteigerung von IC durch immer weitere Verkleinerung der funktionsbestimmenden Strukturgrößen eine Schrittmacherrolle zu.

■ Magnetoelektronik

Elektronik, welche ferromagnetische Bauelemente zur Erweiterung der Funktionalität von Chips nutzt.

■ Metronetze (Metropolitan Area Network; MAN)

Telekommunikations-Netzwerk, das Stadtgebiete und Regionen abdeckt.

■ Metadaten

Daten über Daten, kontextuelle Informationen, die z.B. das Format von Daten beschreiben oder deren Zugehörigkeit zu bestimmten Themenfeldern.

■ Middleware

Middleware ist eine Menge von wenig spezialisierten („general-purpose“-) Programmen, die zwischen der Systemplattform (Hardware + Betriebssystem) und den Anwendungen angesiedelt sind und den Datenverkehr von Anwendungen unterstützen. Derartige Programme werden auch als „Dienste“ bezeichnet.

■ Mikroprozessor

„Elektronenhirn“, Chip mit hochkomplexer Recheneinheit.

■ MPEG 7

Ein internationaler Standard, der den Inhalt von Audio- und Videosequenzen, Bildern und Graphiken in einer effizienten und zweckmäßigen Darstellung repräsentiert, so dass eine Informationssuche möglich wird. Der Standard wurde von der von der Moving Pictures Experts Group festgelegt, daher die Benennung MPEG.

■ Multiband

Mehrere Frequenzbänder betreffend.

■ Multimodal

Mehrere Sinne bzw. Interaktionsmodi betreffend.

■ Multiplexverfahren

Zusammenfassen mehrerer Signalströme zur gemeinsamen Übertragung auf einem Übertragungsweg.

■ Multistandard

verschiedene Übermittlungsstandards betreffend.

■ Nanometer

10^{-9} Meter, der Millionste Teil eines Millimeters.

■ Nanoelektronik

Mikroelektronik mit funktionsbestimmenden Strukturen unter 100 Nanometer.

■ Nichtexplizites Wissen

Wissen, das nicht mit den formalisierten Wissens-Modellen erfasst werden kann.

■ OLED-Display

Displays aus Organic Light Emitting Diodes (organische LEDs).

■ Ontologie

Modellierung einer Domäne (Grundbegriffe, Sachverhalte, Beziehungen dazwischen). Die Ontologie sorgt dafür, dass Domänenwissen in der Semantik richtig umgesetzt wird.

■ Organic Computing

Lösungsansätze für komplexe Gesamtprozesse oberhalb der detailliert-algorithmischen Ebene.

■ Packaging

Gesamtheit einer großen Vielfalt von Technologien für die „chipgerechte Verpackung“ sowie die Realisierung der (elektrischen und sonstigen) Schnittstellen integrierter Schaltkreise mit der Außenwelt.

■ Personalisierung

Auswahl und Anzeige von Daten, die aufgrund der über einen Benutzer gespeicherten Informationen speziell auf diesen abgestimmt sind.

■ Photonische Kristalle

Kristalle mit besonderen optischen Eigenschaften, die zur gezielten Verarbeitung von optischen Signalen erforderlich sind.

■ **Quality of Service**

Zusammenfassung verschiedener Kriterien, die die Güte eines Dienstes im Netz hinsichtlich Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit beschreiben.

■ **Rendering**

Computer Graphik: Abbildungsprozess vom internen 3-D-Rechnermodell auf ein 2-D-Bild für den Monitor und zum Ausdruck.

■ **Requirements Engineering**

Anforderungsanalyse für Softwaresysteme.

■ **Security**

Zugriffssicherheit von IT-Systemen.

■ **Selbstorganisierende Softwaresysteme**

Softwaresysteme, die in der Lage sind, aktiv und eigenständig Prozesse zu ordnen, zu strukturieren und auszuführen.

■ **Semantic Web**

Technologie, die den Zugang zu unstrukturierter, heterogener und verteilter Information im Internet unterstützt.

■ **signalling**

Signalisierung von Produkteigenschaften, die vor dem Kauf nicht erkennbar sind; insbesondere bei Dienstleistungen im Internet ist dies ein zentraler Aspekt.

■ **Silizium, Si**

Wichtigstes Halbleitermaterial; wird in der für die Mikroelektronik erforderlichen hochreinen Form über verschiedene Zwischenstufen aus Quarzsand (Siliziumdioxid) gewonnen.

■ **Silizium-Wafer**

Siliziumeinkristall in Form einer kreisrunden Scheibe mit z. B. 200 oder 300 Millimeter Durchmesser und einer Dicke zwischen 500 und 800 Mikrometer. Vorprodukt zur Herstellung der Chips, auf den mittels Lithographie die einzelnen Strukturdetails der zukünftigen Schaltung übertragen werden.

■ **Skalierbarkeit**

Eigenschaft eines technischen Systems, sich in der Leistung der Anforderung anzupassen. Beispiel: Ein Parallel-Rechner arbeitet bei einer Anwendung mit doppelter Prozessorenzahl etwa doppelt so schnell. Begriff wird auch für Anwendungen verwandt.

■ **Spectrum Pooling**

Gemeinsame, serielle Nutzung eines Frequenzbandes durch verschiedene Nutzer (Mobilfunkbetreiber, Militär...).

■ **Spintronik**

Forschungsgebiet, welches die Nutzung des Elektronenspins zur Erweiterung der Funktionalität von Chips zum Ziel hat.

■ **Software-Radio**

Software gesteuertes Telekommunikationsgerät, das je nach Dienstbedarf dynamisch an die aktuelle Funkinfrastruktur angepasst werden kann.

■ **System on Chip (SOC)**

Begriff für die Realisierung ganzer, hochkomplexer Systeme auf einem einzigen Chip (anstatt durch Zusammenschalten mehrere Chips).

■ **TDMA-Verfahren**

Mit Time Division Multiple Access senden die einzelnen Teilnehmer ihre Datenpakete zwar auf der gleichen Frequenz, aber nach einem bestimmten Taktschema nacheinander in so genannten Zeitschlitzten.

■ **Ubiquitous Computing**

Allumfassendes, nicht ortsgebundenes Rechnen.

■ **Usability Engineering**

Systematischer Ansatz zur leichteren Erstellung von Software – hier etwa nutzerzentrierte Software-Erstellung.

■ **UMTS**

Das Universal Mobile Telecommunications System ist das von Europa und Japan standardisierte Mobilfunksystem der dritten Generation. UMTS nutzt als Modulationstechnik ebenso wie CDMA-2000 (in den USA angestrebtes System der dritten Generation) das CDMA-Verfahren. Charakteristisch sind Datenraten bis zu 384 kbit/s.

■ **Usenet**

selbständig verwaltetes Netzwerk, das über Schnittstellen mit dem Internet verbunden ist.

■ **Verbundforschung**

Forschungen, welche im Verbund von Unternehmen und öffentlichen FuE-Instituten durchgeführt werden.

■ **VR/AR**

Abkürzung für Virtual Reality/Augmented Reality – Virtuelle Realität/Erweiterte Realität.

■ **WBG- Halbleiter**

Wide Band Gap Halbleiter sind Halbleiter mit einer großen Bandlücke, Beispiele sind Galliumnitrid (GaN) oder Siliziumcarbid (SiC).

■ **WDM**

Wavelength Division Multiplex; Wellenlängenmultiplex, gleichzeitiges Übertragen mehrerer (Licht-)Signale mit verschiedenen Frequenzen über ein Medium (z. B. Glasfaser).

■ **Wissensökonomik**

Wissenschaft, die sich mit den Regeln beschäftigt, die sich beim Umgang mit Wissen in Gruppen von Menschen ergeben.



■ world wide web

Abgek. www oder w3 – ein in Client/Server-Architektur organisiertes rechnergestütztes Informationssystem, über das verteilt, typischerweise über mehrere www-Server, im Hypertext-Format gespeicherte Informationen, Daten, Bilder, Bildfolgen, Tonfolgen etc. bereitgestellt und von www-Clients zur lokalen Präsentation, Speicherung, Ausdruck oder Weiterleitung abgerufen werden können.

■ XML

Extensible Markup Language – Metasprache zur Erstellung von Dokumenten im World Wide Web. Mit XML lässt sich eine eigene formale Sprache erzeugen und die Struktur eines beliebigen Dokumententyps abbilden. Die syntaktischen Vorgaben selbst sind bei XML strenger als bei „HTML“.



Bundesministerium für Bildung und Forschung

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

BMBF PROGRAMM